

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Parcer

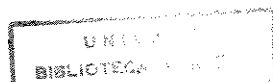
Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de mestrado defendida por João Carlos dos Santos e aprovada pela Comissão Julga em 30 de março de 1999. Campinas, 10 de agosto de 1999.

x Regufo de
Presidente da Banca

**“Análise dos Esforços Desenvolvidos na Usinagem de Três
Espécies de Madeira de Eucalipto”**

JOÃO CARLOS DOS SANTOS

Campinas, SP
Março / 1999



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - FEAGRI
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÕES RURAIS -DCONRU

**“Análise dos Esforços Desenvolvidos na Usinagem de Três
Espécies de Madeira de Eucalipto”**

JOÃO CARLOS DOS SANTOS

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Raquel Gonçalves

**Dissertação de tese apresentada à Faculdade
de Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas, como parte dos
requisitos exigidos para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola, na Área
de Concentração Construções Rurais**

Campinas, SP
Março / 1999

#DAUE	100
CHAMADA:	UNICAMP
	5800
Ex	
IMBO BC/	39109
ROC.	229199
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
RECO	R\$ 11,00
ATA	21/10/99
CPD	

CM-00135413-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Sa59a Santos, João Carlos dos
Análise dos esforços desenvolvidos na usinagem de
três espécies de madeira de eucalipto. / João Carlos dos
Santos.--Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientadora: Raquel Gonçalves
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Madeira. 2. Usinagem. 3. Eucalipto. I. Gonçalves,
Raquel. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus avós (*in memoriam*) Carmem da Silva e Andrelino de Oliveira, Orlanda Ricardo dos Santos e João Moreira dos Santos Filho; a minha mãe Maria dos Santos (*in memoriam*) e a meu pai Raul dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que eu até aqui chegasse.

A minha orientadora, Raquel Gonçalves, muito obrigado por todo apoio e paciência no momentos mais difíceis.

Mãe e pai sinto-me muito agradecido pela base de formação que me deram, pois ela permitiu que eu pudesse realizar este trabalho.

Aos meus irmãos, tios e primos muito obrigado, por todo incentivo.

Agradeço à CAPES pelo apoio financiamento, pois sem ele não seria possível enfrentar esta caminhada e a FEAGRI – UNICAMP pela base institucional proporcionada para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores João Domingos Biagi, Paulo Sérgio Magalhães, Elaine Borghi e Oscar Braumbeck por toda contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os funcionários, por toda gentileza e atenção dispensada.

Aos meus queridos amigos, Ana Carolina Fonseca Borges, Christiane Coletti, Sebastião Avelino Neto, Rosa Helena Aguiar, Rosângela Gomes, Rita de Cássia, Laurinda Januário, Clóvis Tristão, André Ap. Nogueira, Edgar, Rogério Staciarini, Yamília, Paulo Cesar Rampazzo, José Carlos de Araújo Jr., Oswaldo Rodrigues Costa, Lúcia Elena e Flávio José Ortolani dos Santos, Ilza e Altamiro N. Leite, Ilja e Sérgio Sartore, Suzeti e Carlos H. Toledo, Argemiro e Percelina, Leonildes Campos da Silva, Maria Cristina e João Augusto, Família Vicente C. Seabra, Sebastião Silva e demais..., muito obrigado por todo apoio, paciência nos momentos de insegurança e dificuldades.

Alaíde Aparecida Paulino Leme Soares, minha querida, muito obrigado por todo apoio, paciência e desculpa pelos momentos em que não lhe dei a devida atenção.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a determinação de modelos para prever valores das forças de corte ortogonais (paralelas e normais) na madeira de eucalipto (*citriodora*, *saligna* e *grandis*) obtidos por NERI (1998), em função de três parâmetros: densidade básica, espessura de corte da madeira, e ângulo de saída. Estes modelos foram obtidos para duas direções de corte (radial e tangencial), para dois tipos de corte (90-0 e 90-90) e para valores máximos e médios das forças envolvidas. Toda a análise foi baseada em resultados experimentais obtidos em fase anterior da pesquisa. Além dos modelos, o trabalho analisou o comportamento das forças nas direções tangencial e radial concluindo que as mesmas não podem ser consideradas estatisticamente iguais. Finalmente, foram também calculados os ângulos de saída ideais para a produção de cavaco tipo II, no corte 90-0, segundo 4 métodos propostos.

ABSTRACT

The objective of this work was the determination of models to predict orthogonal cutting forces (parallel and normal) in eucalyptus wood (*citriodora*, *saligna* e *grandis* species) related from NERI (1998) as a function of three parameters: density, thickness and rake angle. This models were obtained for two different directions (radial and tangential), for two different types of cut (90-0 and 90-90) and for maximum and medium values of the related forces. All the analysis was based in the experimental results obtained in previous phases of this research. The behaviour of cutting forces in the radial and tangential was also analysed. The conclusion was that they can not be considered statistically equal. The ideal rake angle to produce chips type II was calculated, using the four proposed models for the cut 90-0.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	O Eucalipto	4
2.2	Propriedades que interferem na usinagem	5
2.2.1	Planos de corte	6
2.2.2	Propriedades Mecânicas	7
2.2.3	Geometria da ferramenta de corte	9
2.2.4	Grandezas de corte	10
2.3	Corte	12
2.4	Forças de corte	16
2.5	Terminologia	17
2.6	Corte ortogonal 90°-0°	18
2.7	Corte ortogonal 90°-90°	26
2.8	Forças de corte na madeira de Eucalipto	26
2.9	Modelos obtidos para forças em corte ortogonal	30
2.10	Análise Estatística	34
2.10.1	Teste de igualdade entre médias	34
2.10.2	Teste t em variáveis emparelhadas	39
2.11	Regressão linear	40
2.11.1	Regressão linear simples	40
2.11.2	Regressão linear múltipla	52
2.12	Método numérico para cálculo de zero de função	53
2.12.1	Métodos iterativos para resolução de equações polinomiais ou transcendent	53

3	MATERIAL E MÉTODOS	58
3.1	Material	58
3.1.1	Base de dados	58
3.1.2	Softwares	59
3.1.2.1	Análise de dados	59
3.2	Métodos	60
3.2.1	Determinação de modelos matemáticos	60
3.2.2	Determinação do ângulo de saída ideal no corte $90^{\circ}-0^{\circ}$	62
3.2.3	Comparação entre forças de corte paralela nas direções tangenciais e radiais	64
4	RESULTADOS	65
4.1	Modelos para determinação das forças de corte normal e paralela	65
4.2	Comparação entre médias de forças paralelas tangenciais e radiais em $90^{\circ}-0^{\circ}$	98
4.3	Ângulo de saída ideal para corte radial e tangencial	100
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	104
5.1	Força normal máxima	104
5.1.1	Direção de corte $90^{\circ}-0^{\circ}$	105
5.1.1.1	Radial	105
5.1.1.2	Tangencial	105
5.1.2	Direção de corte $90^{\circ}-90^{\circ}$	106
5.1.2.1	Radial	106
5.1.2.2	Tangencial	107
5.2	Força normal média	108
5.2.1	Corte na direção $90^{\circ}-0^{\circ}$	108
5.2.1.1	Radial	108
5.2.1.2	Tangencial	109
5.2.2	Corte na direção $90^{\circ}-90^{\circ}$	109
5.2.2.1	Radial	109
5.2.2.2	Tangencial	110

5.3	Força paralela máxima	111
5.3.1	Corte na direção $90^{\circ}-0^{\circ}$	111
5.3.1.1	Radial	111
5.3.1.2	Tangencial	111
5.3.2	Corte na direção $90^{\circ}-90^{\circ}$	112
5.3.2.1	Radial	112
5.3.2.2	Tangencial	113
5.4	Força paralela média	114
5.4.1	Corte na direção $90^{\circ}-0^{\circ}$	114
5.4.1.1	Radial	114
5.4.1.2	Tangencial	115
5.4.2	Corte na direção $90^{\circ}-90^{\circ}$	116
5.4.2.1	Radial	116
5.4.2.2	Tangencial	116
5.5	Aspectos gerais	117
5.6	Comparação entre médias de forças paralelas tangenciais e radiais	118
5.6.1	Direção de corte $90^{\circ}-0^{\circ}$	118
5.6.2	Direção de corte $90^{\circ}-90^{\circ}$	118
5.7	Ângulo de saída ideal	120
5.8	Comparação dos resultados obtidos neste trabalho, com os resultados da dissertação de mestrado de NERI (1998)	121
5.8.1	Força paralela	121
5.8.2	Angulo de saída ideal	122
6	CONCLUSÕES	123
	LISTA DE FIGURAS	125
	LISTA DE TABELAS	127
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
	ANEXO	132

1 INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais utilizados pelo homem, a madeira foi, sem dúvida, um dos primeiros. Nos primórdios, o homem já utilizava a madeira para a confecção de utensílios, armas para caça, etc. Com a evolução do homem esta aplicação também evoluiu, passando, então, a madeira a ser utilizada em aplicações mais nobres, tais como: fabricação de móveis, estruturas para edificações, pontes, etc.

Com o advento de outros materiais tais como o aço e o concreto armado, a madeira, em alguns países, perdeu terreno devido a três fatores principais: má exploração dos recursos, falta de conhecimento tecnológico adequado às evoluções alcançadas para aplicação da madeira, falta de tecnologia apropriada nas serrarias que processam a madeira.

Estes fatores levaram à uma aplicação errônea das espécies e a um desperdício muito grande de material em seu processamento, provocando preconceitos com relação à madeira, principalmente para fins mais nobres.

No Brasil existe um "modismo" com relação à utilização de determinadas espécies de madeira para fins moveleiros. Isto provoca a exploração intensiva de uma determinada espécie, agravando ainda mais os problemas de exploração dos recursos florestais existentes.

Nosso país, possuindo extensas reservas florestais, não procurou promover uma exploração organizada e racional destes recursos. Por longo tempo, não houve preocupação em utilizar a madeira na sua mais vantajosa característica - a de ser um recurso renovável.

Desta maneira, as espécies de reflorestamento, principalmente aquelas provenientes dos gêneros *Eucalyptus* e o *Pinus*, estão alcançando, atualmente, importância cada vez

maior na produção madeireira brasileira. No entanto, ainda existe um grande problema de aceitação destes gêneros no mercado nacional, principalmente para fins de construção.

A determinação das características físico-mecânicas das madeiras exóticas e do seu comportamento à usinagem são requisitos básicos para qualquer ação que vise a introdução destes gêneros florestais no mercado nacional.

Grandes avanços já se deram no campo do conhecimento das propriedades físico-mecânicas destes gêneros arbóreos, mas, ainda existe uma grande falta de conhecimento no que diz respeito ao seu comportamento à usinagem. Os procedimentos relativos ao desdobramento e beneficiamento são realizados de maneira empírica, afetando diretamente a utilização racional e otimizada da madeira.

É razoável dizer que as espécies florestais, em função de sua densidade (por exemplo) irão consumir maior ou menor potência das máquinas e ferramentas usadas nos processos de usinagem e, ainda, apresentar graus de acabamento superficial também diferentes. O conhecimento das forças desenvolvidas durante o corte da madeira é de fundamental importância para que se projete corretamente as unidades que irão compor uma fábrica, serraria ou indústria, em função, por exemplo, da espécie utilizada, evitando-se o super ou sub-dimensionamento da potência necessária. Em função do grau de acabamento exigido, pode-se prever também a necessidade ou não de um segundo processamento numa linha de beneficiamento ou produção.

As forças de corte dependem de vários parâmetros do processo de usinagem, tais como: o material usinado (no caso, a espécie florestal), os ângulos da ferramenta e sua afiação, a profundidade do corte, etc.

A literatura técnica menciona, com frequência, perdas na produção de madeira serrada, em grande parte devido à falta de informações sobre o seu comportamento à usinagem. A realidade das serrarias brasileiras mostra com clareza a grande necessidade de conhecimento técnico apropriado evitando os grandes desperdícios hoje existentes e a baixa

qualidade do material processado. A precária situação das máquinas e a forma artesanal de processamento, hoje existentes, contribuem ainda mais para agravar os problemas nas operações de corte da madeira.

Tensões de crescimento presentes nas espécies de reflorestamento, tais como os Eucaliptos, dificultam seu processamento. A aplicação de técnicas mais adequadas de corte poderia reduzir em muito os efeitos negativos provocados pelas características particulares destas espécies.

Para se conhecer a aptidão da madeira aos diferentes processos de corte, um dos parâmetros fundamentais a estudar são as forças de corte implicadas durante a usinagem. Tal conhecimento é requisito básico para a compreensão e posterior otimização do processo de usinagem.

O presente trabalho é parte de um projeto mais amplo na área de usinagem, e visa contribuir para o melhor entendimento das forças desenvolvidas durante o corte ortogonal da madeira de eucalipto. O entendimento do comportamento das forças de corte poderá contribuir para a otimização dos processos de desdobramento e beneficiamento deste gênero vegetal.

Baseado em dados experimentais coletados por NERI (1998), os objetivos desta pesquisa foram:

- 1 – obtenção de modelos que representem a tendência da variação das forças de corte obtidas em ensaios experimentais, a partir dos parâmetros: ângulo de saída, espessura de corte e densidade básica da madeira;
- 2 – comparação entre as forças de corte obtidas nas direções radial e tangencial.
- 3 – determinação do ângulo de saída ideal no corte 90° - 0° , utilizando-se as forças de corte obtidas em ensaios experimentais;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Eucalipto

Embora não se possa afirmar com precisão a data e o local de introdução do eucalipto no Brasil, segundo relatos históricos pode-se inferir que o mesmo foi cultivado inicialmente em São Paulo e, a seguir, no Rio Grande do Sul (ANDRADE, 1904).

No início deste século, o eucalipto foi plantado como árvore decorativa. A sistematização da cultura no Estado de São Paulo e o início de estudos experimentais deveu-se à Cia Paulista de Estrada de Ferro.

ANDRADE (1904) iniciou estudos comparativos do desenvolvimento de essências indígenas e exóticas no Horto de Jundiaí-SP. Nesse ensaio, os eucaliptos se avantajaram de tal forma em comparação às demais essências, que a Cia Paulista de Estradas de Ferro decidiu intensificar a cultura do eucalipto na região de Rio Claro, em 1909.

Além de São Paulo, existem extensas plantações de eucalipto nos seguintes estados: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Rio de Janeiro. Nos demais estados do Brasil há plantações dessa essência em menor escala.

RAMOS (1973), mencionou que a utilização da madeira serrada de eucalipto para a construção e mobiliário seria mola propulsora de uma verdadeira revolução nas serrarias brasileiras.

Um dos países que detém a tecnologia de ponta em relação ao beneficiamento da madeira de eucalipto é a África do Sul, onde essa espécie foi introduzida devido à extinção de madeiras nativas de sua pequena reserva florestal. O reflorestamento, segundo RAMOS (1978) se deu usando novas técnicas orientadas pelo Dr. Ian J. Craib. Esta técnica, objetivava a produção mais econômica de madeira de qualidade.

Tal como ocorreu na África do Sul, no Brasil a madeira serrada de eucalipto tem condição de ser empregada, sem prejuízo algum, em termos de qualidade, para as mesmas finalidades que se empregam, no Brasil, as madeiras de lei, o que já vem ocorrendo em outros países, tais como a África do Sul (RAMOS, 1973).

2.2 Propriedades que interferem na usinagem

KOCH (1964) apresentou as propriedades que interferem na usinagem, relacionadas à madeira e às ferramentas de corte.

Com relação à madeira menciona-se:

2.2.1 Planos de corte

A madeira apresenta características diferenciadas, quanto às propriedades físicas e mecânicas, nos três planos de corte: transversal, tangencial e radial. Estes planos são definidos:

a) Plano transversal

O plano transversal é o plano perpendicular à direção das fibras e ao eixo principal do caule da planta.

b) Plano tangencial

Este plano é paralelo ao eixo principal do caule da planta e perpendicular a seus raios, tangencial aos anéis de crescimento sem, no entanto, passar pela medula.

c) Plano Radial:

É denominado plano radial, aquele que é paralelo aos raios e perpendicular aos anéis de crescimento, passando pela medula da planta.

Tendo em vista que a usinagem da madeira depende de suas características mecânicas, a anisotropia observada nos planos de corte terá conseqüências sobre as forças de corte envolvidas no seu processamento.

KIVIMAA (1950) observou que durante o corte efetuado na direção dos raios, as forças paralelas são aproximadamente 12% maiores que quando o corte é efetuado perpendicularmente aos raios.

As definições dos planos de corte da madeira podem ser visualizadas na Figura 2.1

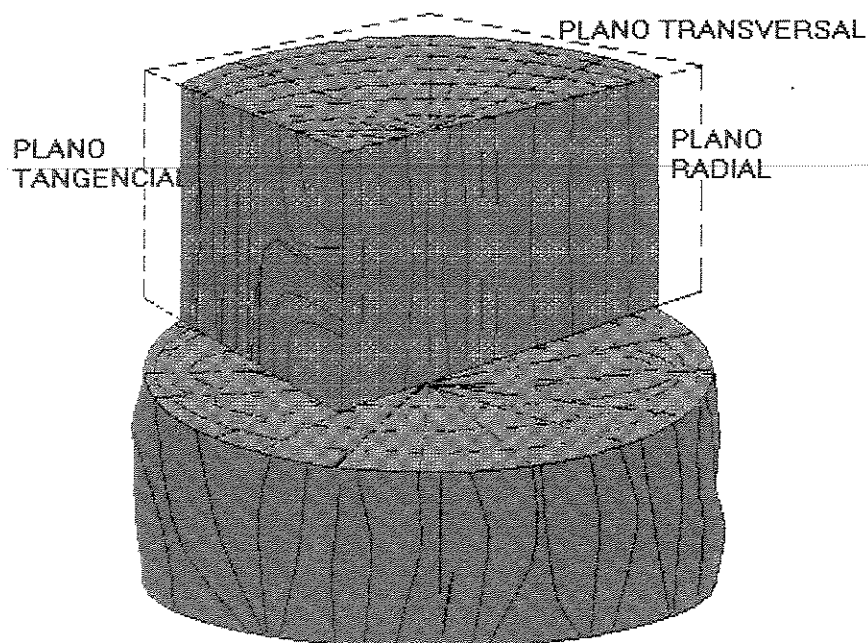


Figura 2.1 - Planos de corte da madeira

2.2.2 Propriedades Mecânicas:

Durante a usinagem da madeira é muito importante considerar as propriedades que determinam a natureza da ruptura, ou seja, o módulo de elasticidade e o limite de resistência. Os fatores que afetam a resistência mecânica da madeira e, conseqüentemente, os parâmetros relacionados à usinagem, são: teor de umidade; temperatura e densidade.

A madeira, retirada de árvore recentemente abatida possui teor de umidade variando de 40 a 140% conforme a espécie. Nestas condições é designada “madeira verde” ou saturada. Logo após o abate e o desdobro, a água começa a migrar da madeira pois o ar quando seco é ávido de umidade. A água evapora-se facilmente até o ponto de saturação, quando o teor de umidade varia de 25 a 30%, dependendo da espécie; e é definido como umidade limite, acima da qual existe água livre e abaixo da qual apenas água de impregnação. A partir do ponto de saturação o processo de evaporação da água continua,

mais lentamente, até atingir a umidade de equilíbrio com as condições do ambiente, sendo a madeira denominada, então, de “seca ao ar”.

Umidades abaixo do ponto de saturação das fibras afetam a resistência mecânica da madeira, e por conseguinte, também as forças desenvolvidas no processo de usinagem.

Alguns processos de usinagem são realizados com a madeira apresentando umidade acima do ponto de saturação e outros com a madeira seca sendo, portanto, importante ter-se o conhecimento da usinagem em ambas as condições.

KOCH (1964) enumerou duas razões principais para se estudar o efeito da temperatura no processo de usinagem:

- durante o processo de usinagem ocorre a geração de certa quantidade de calor;
- alguns processos utilizam a variação da temperatura da madeira para facilitar o corte.

Tendo em vista que a temperatura e os tratamentos térmicos dados a um material podem ter um efeito permanente sobre suas propriedades mecânicas, é importante que se quantifique tais efeitos.

A densidade básica é uma das propriedades mais significativas na caracterização das madeiras e, é um fator que, conjuntamente com os já citados (teor umidade e temperatura), certamente irá afetar os processos de usinagem.

Diversos pesquisadores apresentaram considerações a respeito da influência da densidade nas propriedades mecânicas da madeira. Sendo assim, espera-se que exista também uma relação entre a densidade e as forças que se desenvolvem durante o corte da madeira.

2.2.3 Geometria da ferramenta de corte

WOODSON & KOCH (1970) definiram as características relacionadas à ferramenta de corte. Salienta-se que a terminologia utilizada por estes autores difere da terminologia utilizada neste trabalho, tendo em vista que optou-se pelas recomendações das Normas Brasileiras NBR 6162 e NBR 6163.

Ângulo de saída (γ) (ou ângulo de ataque α das referências citadas)

É o ângulo entre a superfície de saída da ferramenta de corte e um plano perpendicular à superfície usinada. O ângulo de saída define, juntamente com outros parâmetros, tais como a resistência da madeira e a espessura de corte, o tipo de cavaco formado. Normalmente a força de corte decresce com o aumento de saída (WOODSON & KOCH, 1970; NERI, 1998). Tendo em vista que vários são os fatores que influenciam na intensidade da força e na qualidade da superfície usinada, para cada espécie haverá uma faixa ótima para o ângulo de saída.

Ângulo de folga (α) (ou ângulo de folga γ das referências citadas)

Ângulo formado entre a superfície principal de folga e a superfície usinada da peça. Ele reduz o contacto dos dentes da ferramenta de corte com a madeira.

Ângulo de cunha da ferramenta (β)

O ângulo da ferramenta é o ângulo entre a superfície de saída da ferramenta e superfície de folga da cunha de corte. Este ângulo relaciona-se com a resistência da ferramenta de corte ao choque e à abrasão.

2.2.4 Grandezas de corte

Os autores WOODSON & KOCH (1970) definiram ainda, parâmetros relacionados ao processo de corte:

Espessura de corte (h)

A espessura de corte h é a espessura calculada do cavaco a ser removido, tendo em vista que a espessura real do cavaco varia durante o corte. Esta espessura é medida normalmente à superfície de corte e segundo uma perpendicular à direção de corte.

Largura de corte

A largura do corte é a largura da seção transversal do cavaco. No corte ortogonal esta largura corresponde ao comprimento da aresta de corte da ferramenta.

Orientação das fibras em relação ao corte

A orientação das fibras em relação ao corte pode ser medida pelo ângulo entre as fibras e a direção de corte. Tendo em vista que a orientação das fibras em relação ao esforço exerce grande influência na resistência, as forças implicadas durante a usinagem são também afetadas.

Os materiais isotropos possuem as mesmas propriedades nas três direções principais. Este é o caso dos metais, plásticos, etc. A madeira é considerada anisotrópica, pois suas propriedades são diferenciadas nas três direções principais (HAYGREEN. & BOWYER, 1989).

Na direção paralela às fibras as propriedades da madeira diferem muito das propriedades na direção perpendicular às fibras.

Afiação da ferramenta de corte

DINIZ et al. (1999) definiram tempo de vida da ferramenta como o tempo efetivo de trabalho, dentro de critérios previamente estabelecidos. Após este tempo, a ferramenta deve ser novamente afiada.

Segundo os autores, diversos são os fatores que permitem a fixação de critérios para estabelecer o limite de desgaste da ferramenta para fins de uso. A ferramenta deve ser reafiada ou retirada de uso quando exista risco iminente de ruptura da aresta de corte; quando não permita mais a obtenção de boa qualidade de acabamentos superficiais da peça, devido ao desgaste da ferramenta na superfície de folga, fator este, crítico em operações de acabamento; quando a temperatura da aresta, durante o corte, ultrapassa a temperatura limite, na qual a ferramenta perde o fio de corte (a aresta se decompõe) e ainda, quando o aumento da força de usinagem, proveniente dos desgastes elevados da ferramenta, interfere no funcionamento da máquina.

Atrito entre o cavaco e a superfície de saída da ferramenta de corte

O cavaco pode ser definido como sendo o fragmento de madeira produzido pela ferramenta de corte, durante um processo de usinagem. A espessura do mesmo é, geralmente, pequena.

A força de atrito é função do tipo de cavaco, sendo pouco afetada pela rugosidade na face da ferramenta. Esta força sofre menor variação em relação ao ângulo de saída e espessura do cavaco, quando comparado com o tipo de cavaco e com a espécie de madeira. A estrutura anatômica da madeira é, então, fator determinante na magnitude da força de atrito (GONÇALVES & RUFFINO, 1993).

Vibração lateral

A vibração lateral pode ocorrer em consequência da orientação particular das fibras em relação ao corte, quando as mesmas não se mostram perfeitamente alinhadas (fibras retorcidas, desviadas, etc).

A Figura 2.2 apresenta esquematicamente os ângulos, largura e espessura de corte definido e também o cavaco.

α = ângulo de folga
 β = ângulo de cunha
 δ = ângulo de saída
 h = espessura de corte / espessura calculada do cavaco
 b = largura de corte

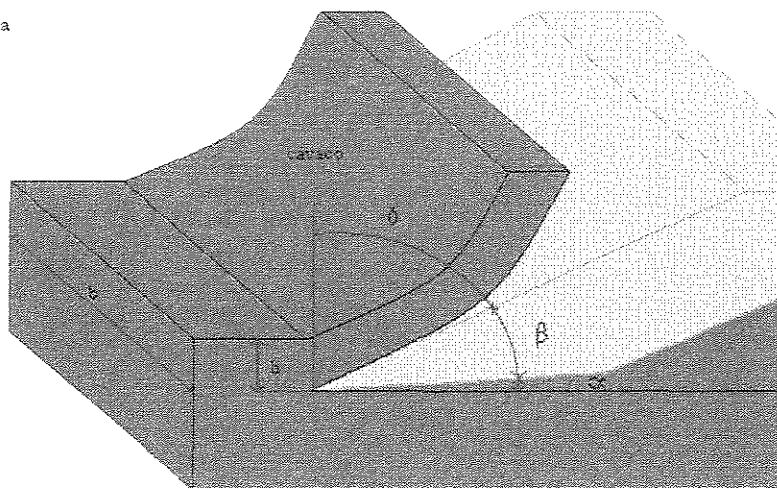


Figura 2.2 - Ângulos de corte e componentes da força

(Adaptada de WOODSON & KOCH, 1970)

2.3 Corte

O corte convencional é definido como sendo a ação da ferramenta de corte sobre uma peça de madeira, produzindo cavacos de dimensão e espessura variáveis. O tipo destes cavacos depende da geometria da ferramenta, do teor de umidade da madeira e do movimento da ferramenta com relação à orientação das fibras.

Segundo HERNANDEZ (1998) o *corte periférico* é produzido de maneira rotativa. Os cavacos são formados pela intervenção intermitente das ferramentas nas peças de madeira; estas ferramentas (facas) são instaladas em um suporte rotativo.

A superfície final é formada pelas marcas da ferramenta, geradas pela intervenção sucessiva de cada faca.

As máquinas que trabalham sob o sistema de corte periférico são: plainas, desengrossadeiras, serras circular, conforme Figuras 2.3 e 2.4.

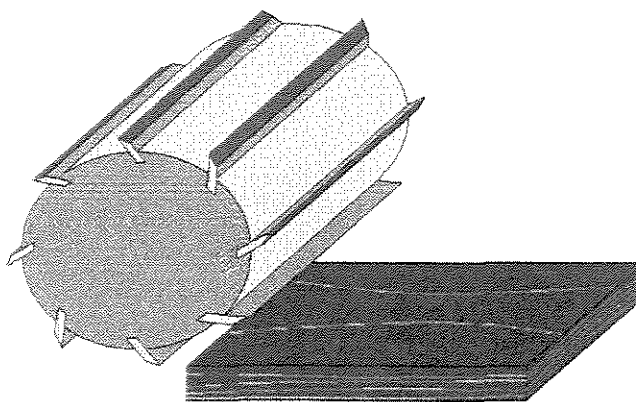


Figura 2.3 - Plaina ou desengrosso

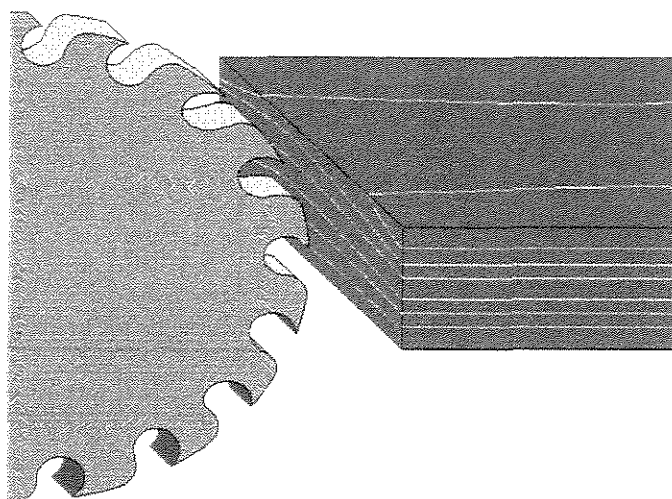


Figura 2.4 - Serra circular

O corte periférico apresenta duas classificações: trabalho em concordância e corte em oposição. No trabalho em concordância o deslocamento da peça a ser usinada e a trajetória da ferramenta de corte têm o mesmo sentido, enquanto, no corte em oposição, a direção de alimentação da peça é oposta à trajetória da ferramenta de corte, sendo este o tipo de corte mais usual.

No corte em oposição, o movimento do conjunto da peça a ser usinada e da ferramenta de corte, produz cavacos em forma de vírgula, com espessura crescente.

Quando o fio de corte da ferramenta é perpendicular à direção do movimento da peça de madeira tem-se o *corte ortogonal*. A superfície obtida é um plano paralelo à superfície original. O corte ortogonal é um caso particular de usinagem periférica, onde o diâmetro do suporte das facas tende a infinito.

McKENZIE (1960) definiu uma notação para o corte ortogonal com a utilização de dois numerais. O primeiro é o ângulo entre a aresta da ferramenta de corte e a fibra da madeira, e o segundo é o ângulo entre a direção de corte e a fibra da madeira. Desta maneira, ficam definidos três tipos de corte ($90^\circ - 0^\circ$), ($90^\circ - 90^\circ$) e ($0^\circ - 90^\circ$). A Figura 2.5 de HOADLEY (1980) mostra, esquematicamente, os três tipos de corte definidos:

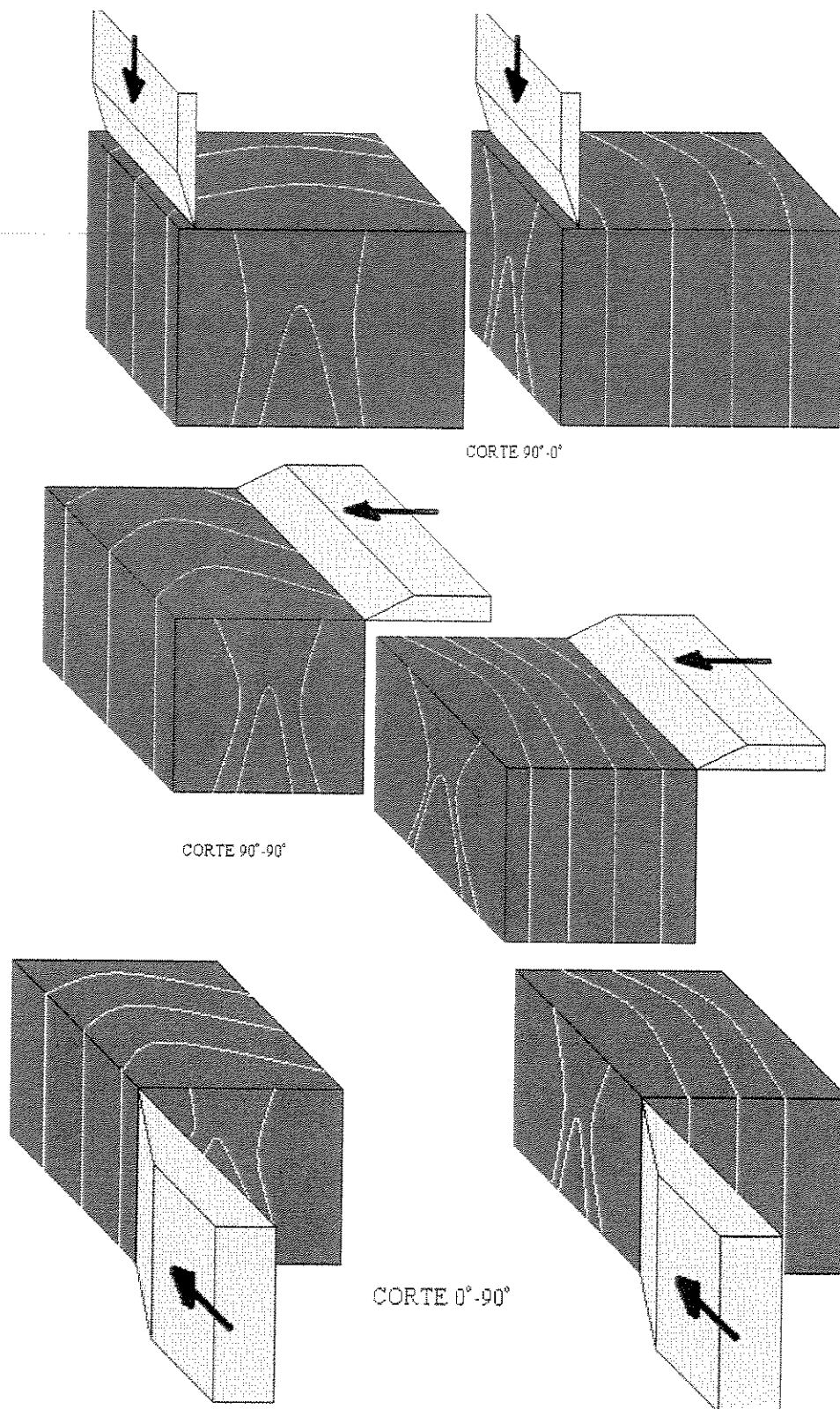


Figura 2.5 - Principais tipos de corte ortogonal
(Adaptada de Hoadley, 1980)

Os tipos de cortes definidos, teoricamente, podem ser associados às ferramentas de corte convencionalmente utilizadas na indústria madeireira, conforme esquematizado nas Figuras 2.3, 2.4 e 2.6.

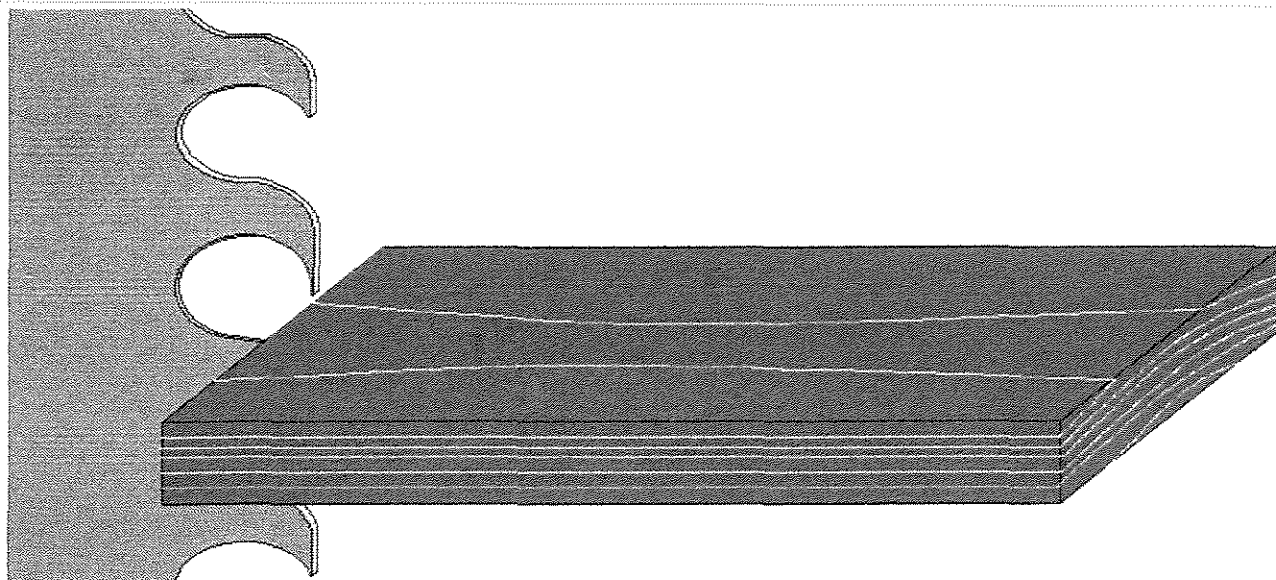


Figura 2.6 - Serra de fita

2.4 Forças de corte

A usinagem tradicional é um processo baseado na tensão de ruptura. A tensão é imposta à madeira por ação humana ou mecânica, manual ou automática, com ajuda de uma ferramenta de corte. A orientação e a direção da força são controladas pelo tipo de ferramenta de corte e pela atuação do operador ou da máquina.

A direção do movimento e a forma da ferramenta determinam o desenvolvimento de tensões impostas à madeira e, conseqüentemente, a maneira como vai ocorrer a ruptura ou “corte”.

Estes modos de ruptura serão, portanto, variados, pois, a ferramenta de corte tem sua geometria particular, assim como a madeira tem suas propriedades físicas e mecânicas particulares.

Dois fatores principais influenciam a ruptura:

- A superfície de corte (A), que deve ser suficientemente pequena para que a força aplicada (F), através da ferramenta, possa causar uma tensão (F/A) superior à resistência da madeira;
- A condição da madeira com relação à umidade, temperatura, presença de defeitos, etc.

2.5 Terminologia

Ainda não existe, no Brasil, uma norma de usinagem de madeiras. Desta forma, é importante definir a terminologia utilizada no trabalho. A Figura 2.7 ilustra as definições apresentadas.

F_a - força de atrito - força entre a superfície da ferramenta de corte e o cavaco produzido;

F_p - força paralela: componente que age paralelamente ao movimento relativo da ferramenta;

F_n - força normal: componente perpendicular à força paralela e perpendicular à superfície gerada;

R - resultante das componentes normal e paralela: R representa a soma da força normal com a força paralela;

ρ - ângulo da força resultante: ângulo no qual a tangente é igual à força normal dividida pela força paralela;

N - Força normal de atrito: ocorre na interface entre a ferramenta de corte e o cavaco;

λ - ângulo entre a R e a força normal de atrito N: ângulo no qual a tangente é igual à força de atrito dividida pela força normal de atrito;

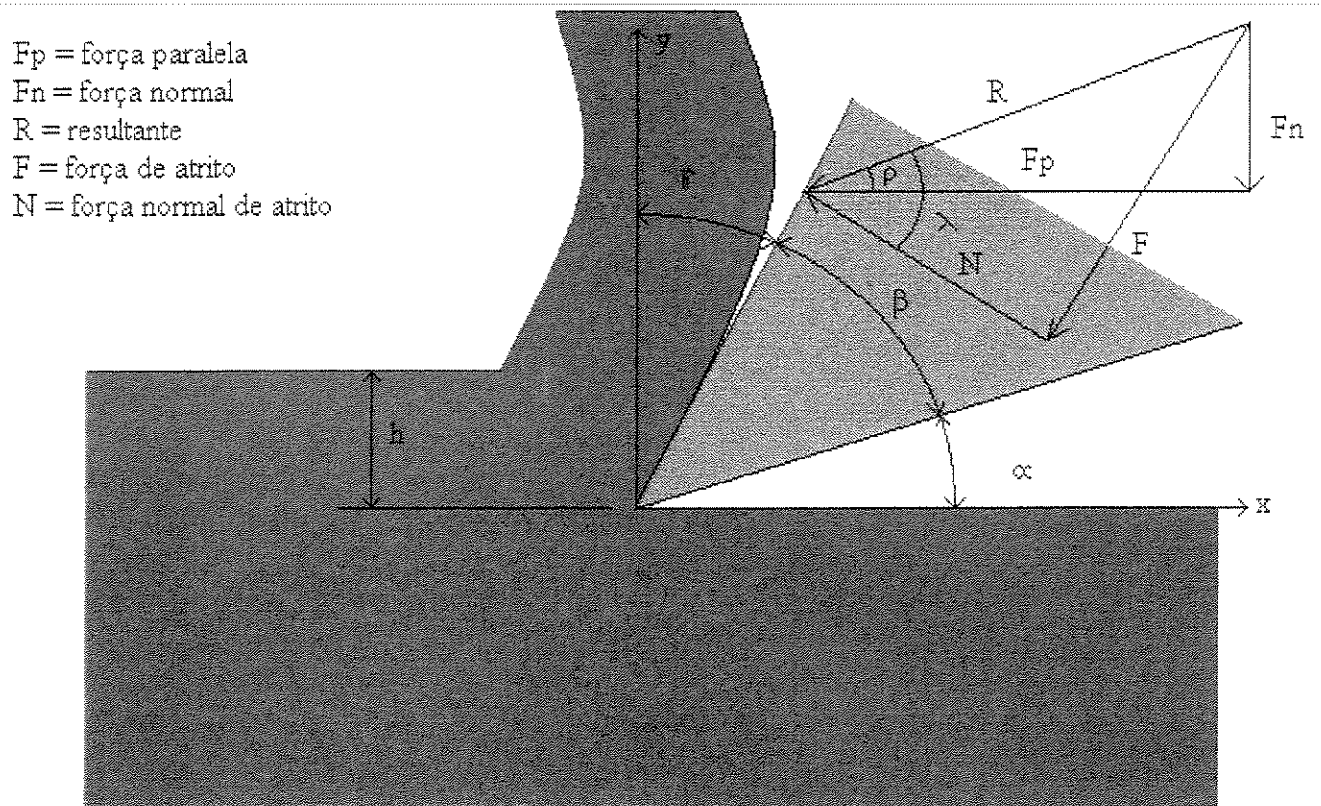


Figura 2.7 - Ângulos de corte e componentes da força
(Adaptada de WOODSON & KOCH, 1970)

2.6 Corte ortogonal $90^\circ-0^\circ$

O tipo de cavaco, mais do que sua forma, determina a qualidade da superfície gerada na usinagem da madeira. FRANZ (1958) realizou um estudo de corte ortogonal ($90^\circ-0^\circ$) e classificou três tipos de cavacos I, II e III:

- Cavaco tipo I

Formado quando as condições de corte são tais que a madeira rompe por fendilhamento, em plano à frente da ferramenta de corte, e o cavaco se separa como uma viga engastada (Figura 2.8).

Etapas de formação:

- a) compressão paralela às fibras;
- b) abertura de fenda à frente da aresta de corte da ferramenta;
- b) ruptura por fendilhamento, seguindo a direção das fibras;
- d) o fendilhamento continua até que os esforços de flexão se tornam o fator limitante, e o cavaco se quebra como se fosse uma viga engastada;
- e) um outro ciclo se inicia.

No caso deste tipo de cavaco, a relação entre a resistência ao fendilhamento, a rigidez e resistência à flexão da madeira, condicionam o comprimento do cavaco. Madeiras com teor de umidade elevado podem produzir cavacos mais longos.

Os fatores que favorecem a formação de cavacos do tipo I são:

- baixa resistência ao fendilhamento combinada com elevada resistência à flexão;
- espessura de cavaco grande;
- elevado ângulo de saída ($\gamma > 25^\circ$);

- baixo coeficiente de atrito (μ) entre o cavaco e a face de ataque da ferramenta de corte;
- baixo teor de umidade.

Podem também ser citadas algumas características do cavaco tipo I:

- fragmentação da fibra;
- baixo requerimento de energia, tendo em vista que a madeira tem pouca resistência à tração perpendicular às fibras, ou ao fendilhamento perpendicular;
- baixo desgaste da ferramenta de corte, pois o fio da ferramenta de corte não é muito solicitado, já que a ruptura se produz à frente do mesmo (Figura 2.8);
- força de corte normal (F_n) negativa, independentemente da espessura do cavaco e da umidade da madeira.

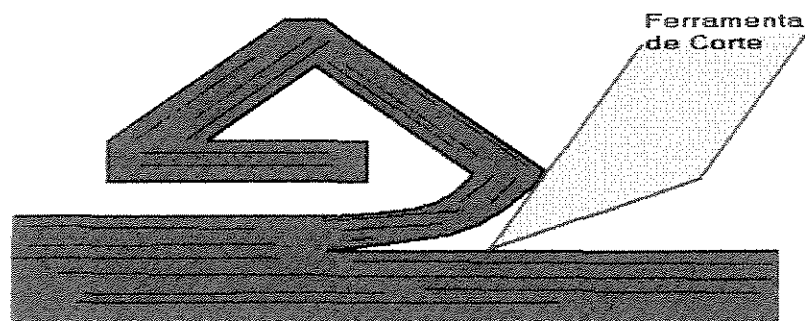


Figura 2.8 - Cavaco tipo I - Adaptada de WOODSON & KOCH (1970)

- Cavaco tipo II

Formado quando a ruptura da madeira se produz ao longo de uma linha que se estende a partir da aresta de corte da ferramenta. Neste caso, a ruptura se dá por cisalhamento e o cavaco é contínuo (Figura 2.9).

Este tipo de cavaco se forma em condições limitadas. A ferramenta deforma a madeira à sua frente, em compressão paralela, e provoca tensões de cisalhamento diagonais. À medida que o corte avança, é formado um cavaco contínuo e levemente espiralado. O raio desta espiral aumenta à medida que a espessura do cavaco aumenta. Existe uma continuidade na formação deste tipo de cavaco, que é o tipo ideal do ponto de vista de qualidade de superfície formada na usinagem.

Fatores que favorecem a formação do cavaco tipo II:

- pequenas espessuras de corte;
- teores de umidade intermediários;
- ângulos de ataque variando de 5° a 20°.

A demanda de energia é intermediária entre aquelas requerida pelos cavacos dos tipos I e III.

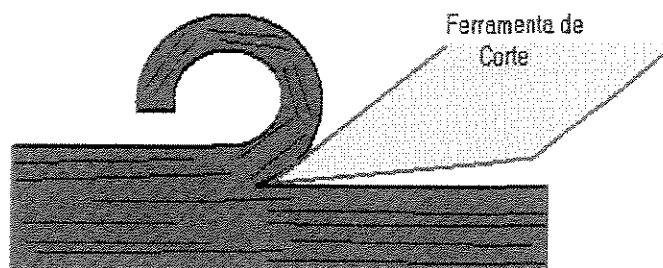


Figura 2.9 - Cavaco tipo II - Adaptada de WOODSON & KOCH (1970)

•Cavaco tipo III

Forças de corte produzem rupturas por compressão paralela e cisalhamento longitudinal na madeira a frente da aresta da ferramenta de corte. O cavaco é sem forma definida e reduzido a fragmentos (Figura 2.10).

O cavaco tipo III é formado de maneira cíclica, tem dificuldade de se desprender da face de saída da ferramenta e é, então, compactado contra esta face. Tensões são transferidas às outras superfícies da madeira, que por sua vez, serão também compactadas iniciando outro ciclo.

Fatores que favorecem a formação do tipo III:

- pequenos ângulos de saída (γ);
- fio de corte da ferramenta muito desgastado;
- coeficiente de atrito elevado entre o cavaco e a face do instrumento cortante;
- elevado teor de umidade

Este tipo de corte provoca defeito na superfície, apresentando uma textura que se assemelha à pelúcia. Este tipo de defeito é produzido porque a ruptura da madeira se dá abaixo do plano de corte e, igualmente, porque a ferramenta de corte deixa os elementos anatômicos da madeira cortados de maneira incompleta na superfície.



Figura 2.10 - Cavaco tipo III -- Adaptada de WOODSON & KOCH (1970)

STEWART (1977) propôs um método para prever a formação de cavacos do tipo II. Este método estimou o ângulo de saída (γ) em corte ortogonal, com base no coeficiente de atrito (μ) desenvolvido durante o corte. Este coeficiente (μ) pode ser estimado a partir das forças de corte F_p e F_n através da expressão:

$$\mu = \text{tang} (\text{arc tang} (F_n/F_p) + \gamma) \dots \dots \dots (2.1)$$

Esta relação foi obtida para γ variando entre 15° e 45° . Segundo FRANZ (1958), cavacos do tipo II são obtidos quando a força normal de corte F_n é próxima de zero ou ligeiramente negativa. STEWART (1977) fez, então, a hipótese de F_n igual a zero, o que transforma a equação (2.1) em:

$$\mu = \text{tang } \gamma \dots \dots \dots (2.2)$$

Desta maneira, se γ for igual ao arco tangente do coeficiente de atrito (μ), o ângulo de ataque pode ser estimado a partir deste último.

WOODSON (1979) determinou as forças de corte ortogonal para 22 espécies de madeiras dicotiledôneas, e utilizou estes valores como parâmetros para estimar o ângulo ideal de ataque para obtenção de cavacos do tipo II.

O autor, por outro lado, notou que os coeficientes de atrito calculados a partir da equação (2.2) são maiores do que aqueles observados por medidas experimentais (dinâmicas e estáticas). Uma das razões admitidas para esta diferença é que, durante o processo de corte, existe um rebaixamento da superfície, devido a dois fatores: uma deformação plástica do cavaco formado e devido à pressão da ferramenta de corte sobre a superfície de saída.

STEWART (1977) demonstrou que a formação dos cavacos pode ser relacionada com as propriedades mecânicas da madeira, obtidas através de ensaios estáticos.

FRANZ (1958) desenvolveu uma técnica para calcular de maneira aproximada o ângulo de saída ideal. Sua técnica demonstrou que o valor aproximado do ângulo ótimo no corte ortogonal pode ser também obtido indiretamente através de regressão, envolvendo as propriedades mecânicas da madeira e o coeficiente de atrito no corte (μ). A técnica relaciona as propriedades de resistência (tração normal às fibras e módulo de resistência à flexão) diretamente ao ângulo de ataque através da expressão simplificada do coeficiente de fricção (μ).

Segundo o autor as propriedades mecânicas que se relacionam mais significativamente com a formação dos cavacos foram a compressão paralela às fibras, o cisalhamento paralelo às fibras e a tração paralela às fibras. Análises prévias demonstraram que a flexão (ruptura como viga engastada) e a tração perpendicular às fibras foram fatores limitantes na formação do cavaco. Além destes, o módulo de ruptura à flexão (MOR) também mostram interação com as propriedades de resistência no processo de corte. Sendo assim, o autor optou por relacionar o coeficiente de fricção (μ) com a relação entre a resistência à tração perpendicular às fibras (T) e o módulo de ruptura em flexão estática (R). Através de métodos estatísticos, o autor sugeriu o modelo:

$$\mu = a + b\left(\frac{T}{R}\right) \quad (2.3)$$

onde “a” e “b” são constantes.

A análise de regressão foi realizada a partir das propriedades de resistência e do coeficiente de atrito, para três espécies de madeira (sugar pine, yellow birch e white ash), em três condições de umidade (1,5%, 8% e saturada).

As regressões lineares e coeficientes de correlação estão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Determinação do coeficiente de atrito (μ) (FRANZ, 1958)

U(%)	MODELOS	R
1,5	$\mu=0,25+5,72(T/R)$	0,97
8,0	$\mu=0,29+2,81(T/R)$	0,99
SATURADO	$\mu=0,95-6,05(T/R)$	0,97

Investigações iniciais de FRANZ (1958) mostraram também que valores elevados de compressão normal produzem valores elevados de coeficiente de fricção (μ). A água e talvez os extrativos podem servir também para lubrificar a ferramenta de corte e provocar variação nas forças de atrito.

O coeficiente de atrito é, em essência, independente do ângulo de saída e da espessura no corte ortogonal paralelo às fibras. O coeficiente de atrito aumenta levemente com o aumento do ângulo de saída até 60° e decresce levemente com o aumento da espessura de corte. Muitos estudos demonstraram esta tendência até o valor de 45° . Todos os estudos demonstram também que estas modificações são mínimas com os ângulos de saída variando entre 15° e 45° , e começam a decrescer lentamente de 15° a 0° . A maior parte dos processos industriais de corte trabalha com ângulos de saída entre 15° e 45° . Portanto, uma técnica para prever o ângulo de saída ideal deve ser aplicável neste intervalo.

2.7 Corte ortogonal 90°-90°

O corte ortogonal (90° – 90°) é de grande interesse prático, tendo em vista que este tipo de corte é o realizado pela serra de fita de corte longitudinal (KOCH, 1985). O corte longitudinal da serra fita é um caso especial de 90°-90°. A serra fita incorpora apenas parte da largura do elemento de corte, ou seja, a trava do dente, que é mais estreita que a parte de madeira a ser cortada. Desta maneira, além da formação do cavaco, o dente deve separar e cortar as faces laterais para poder passar livremente dentro da ranhura de corte. Para evitar a fricção da serra contra os lados de corte, seus dentes devem ter uma geometria especial na ponta, ou seja, a espessura da serra deve ser mais larga que a espessura da fita.

No caso das serra circulares, a condição de corte se aproxima ao tipo 90°-90° quando a serra é utilizada em sua máxima altura, ou seja, quando a serra corta o mais próximo possível da sua parte central. No entanto, quando a serra é ajustada para fazer uma ranhura rasa, os dentes da mesma serra trabalham em uma situação de corte próxima ao tipo 90°-0° (HOADLEY, 1980).

WOODSON (1979) indicou que, para as madeiras folhosas, cavacos uniformes e com faces de qualidade são obtidos com utilização de ângulos de saída elevados (30° a 40°). Ângulos de saída pequenos associados à madeira com baixa umidade produzem superfícies de baixa qualidade.

2.8 Forças de corte na madeira de Eucalipto

NERI (1998), apresentou os resultados de força de corte (paralelas e normais) 90°-0° e 90°-90° em função de diversos parâmetros. Tendo em vista que, este trabalho foi a referência básica para o trabalho de dissertação ora apresentado, a metodologia de obtenção das forças e seus principais resultados serão descritos detalhadamente.

O autor utilizou madeira de eucalipto das espécies *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. Estas foram adotadas na tentativa de abranger uma gama de densidades básicas que permitissem uma posterior adequação às classes de densidade de básica da NBR 7190/97.

Utilizou ainda o autor, um dinamômetro de anéis ortogonais; fresadora provida de mesa com movimento vertical e horizontal, computador e PC provido com placa de aquisição de dados (Strawberry mini-16), facas e dentes adaptadas para os diferentes ângulos estudados

A metodologia para a obtenção dos corpos-de-prova foi a de utilizar um total de 16 peças de seção 120 mm por 120 mm cortadas de três árvores das três espécies estudadas. Corpos-de-prova, para medida de forças de corte e densidade, foram preparados de maneira a apresentar a obtenção da medida da força de corte 90° - 0° e 90° - 90° e, também, para a medida de densidade. Para o adequado estabelecimento das relações entre os diferentes parâmetros estudados os corpos-de-prova foram retirados de maneira pareada (Figura 2.11). Além disto, dois tipos de orientações de corpos-de-prova foram preparados destas peças: tangencial e radial. As dimensões dos corpos-de-provas foram de 6 mm (direções radial ou tangencial) por 75 mm (direções radial ou tangencial) por 75 mm (longitudinal). Estes corpos-de-prova foram conservados no estado verde durante os ensaios de força de corte e densidade. Um total de 20 corpos-de-prova radiais, 20 tangenciais e 20 para a densidade foram obtidos para cada espécie.

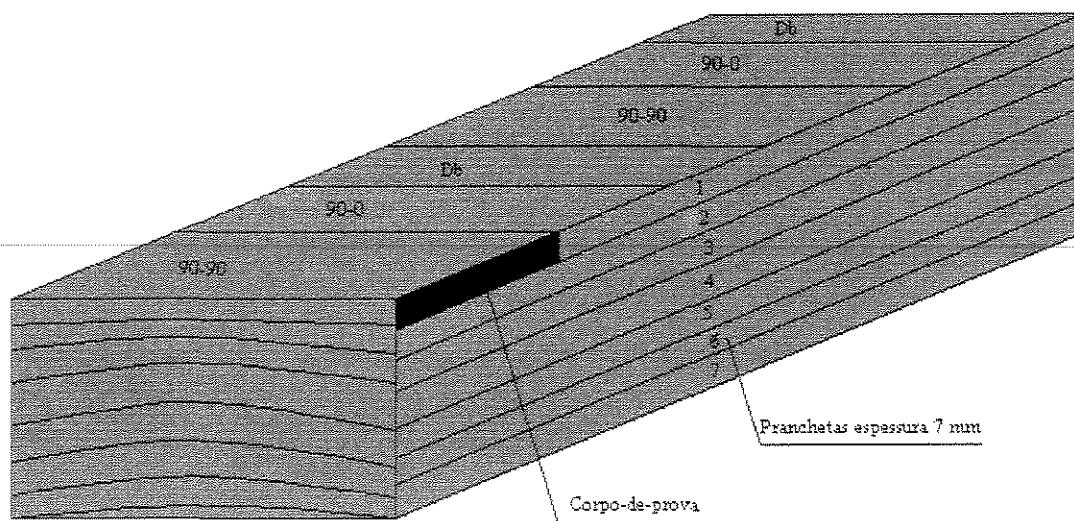
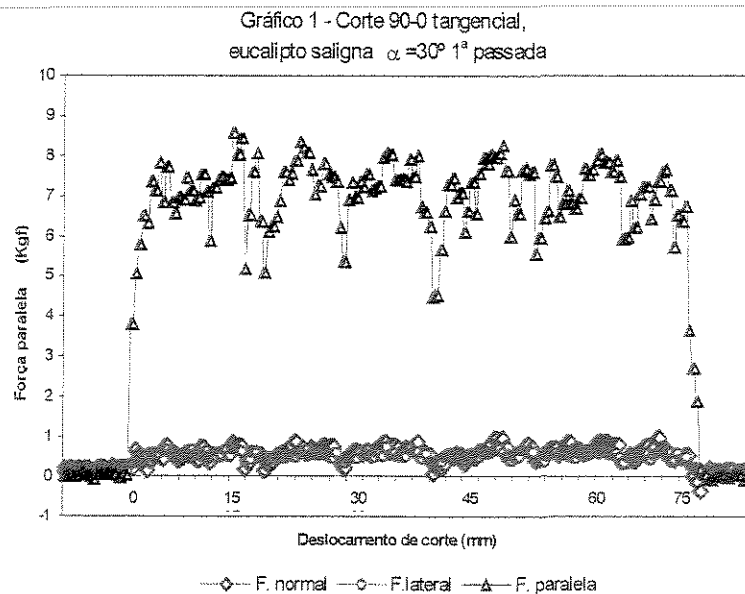


Figura 2.11 - Exemplo de preparação de corpos-de-prova tangencial

Os ensaios para a medida das forças de corte foram realizados nas direções $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$. Em ambos os casos, quatro espessuras de corte foram utilizadas: 0,38; 0,76; 1,14 e 1,53mm (0,015; 0,030; 0,045 e 0,060 polegadas). Os ângulos de saída utilizados foram 20° , 30° e 40° para o corte $90^{\circ}-90^{\circ}$ e 10° , 20° e 30° para $90^{\circ}-0^{\circ}$. A velocidade de corte foi de 30 mm/minuto. Duas passadas sucessivas foram efetuadas para cada espessura de corte. Durante o ensaio de corte, as forças foram simultaneamente registradas nas três direções principais, chamadas de direções paralela, normal e lateral, utilizando o dinamômetro de anéis ortogonais e a carta de aquisição de dados. A taxa de aquisição de dados foi fixada em 25 pontos/segundo. Através destes dados, cálculos foram feitos para obter as forças de corte máximas, médias e mínimas. Para o corte $90^{\circ}-0^{\circ}$, os tipos de cavacos e a qualidade da superfície de corte foram registradas para cada ensaio.

Os resultados das forças de corte, na condição verde, apresentam os valores em kgf/mm das forças máxima, média e mínima nas direções normal, lateral e paralela para cada condição de corte. Estas condições incluem as três espécies de madeira (*E. citriodora*, *E. grandis* e *E. saligna*), três ângulos de saída (na direção $90^{\circ}-0^{\circ}$ ângulos 10° ,

20° e 30°; para direção 90°-90° ângulos de 20°, 30° e 40°), quatro espessuras de corte e os dois tipos de corpos-de-prova (radial e tangencial). Os valores das forças de corte máxima, média e mínima, foram obtidas do tratamento de gráficos provenientes da carta de aquisição de dados, e cujo exemplo é mostrado na Figura 2.12.



**Figura 2.12 - Exemplo de gráfico obtido através carta de aquisição de dados
[Adaptada de NERI (1998)]**

Para o corte na direção 90°-0°, NERI(1998) concluiu que as relações obtidas entre a força de corte e a espessura, e entre a força de corte e a densidade, não tiveram comportamento linear para todos os casos. Isto pode ser explicado pelos diferentes tipos de cavacos formados, os quais afetaram as forças geradas.

Concluiu ainda, o autor, que a força paralela aumentou com o aumento da espessura de corte. Esse efeito aumentou com decréscimo do ângulo de saída e, em geral, a força de corte aumentou com o aumento da densidade. Esse efeito dependeu do ângulo de saída utilizado.

O efeito da espessura de corte na força normal foi dependente do ângulo de saída.

Para o corte na direção 90°-90°, NERI (1998), concluiu que a força paralela aumentou com o aumento da espessura de corte e que este efeito também aumentou com o decréscimo do ângulo de saída. A força paralela decresceu com o aumento do ângulo de saída.

NERI (1998) indicou que o efeito da espessura de corte na força paralela mostrou ser mais importante para as espécies de eucalipto, do que para outras dicotiledôneas provenientes de regiões temperadas.

A força paralela aumentou com o aumento da densidade. Este efeito foi mais acentuado para ângulos de saída menores e para grandes espessuras de corte.

2.9 Modelos obtidos para forças em corte ortogonal

BLAPAIN (1966) determinou a força específica de corte em Newton (N) necessária para arrancar um cavaco ou fatia do material cortado de 1 mm², mediante a atuação de uma ferramenta de corte cuja qualidade e características geométricas, implicam na força de corte.

$$P = K \cdot S^{\alpha} \quad (2.4)$$

Onde:

K = constante que depende das condições de corte (propriedades mecânicas do material, ângulos de corte, relação entre velocidade e espessura de corte).

S = seção transversal do cavaco (mm²)

α = índice que depende da classe do material cortado e de suas propriedades mecânicas.

Em geral, as tensões são determinadas indiretamente, a partir da medida das deformações e da relação entre tensão e deformação. Extensômetros são os instrumentos destinados à determinação dessas deformações (PERRY & LISSNER, 1958).

WOODSON & KOCH (1970) desenvolveram equações para calcular forças em corte ortogonal, nas direções 90°-0°, 0°-90° e 90°-90°, para madeira juvenil e adulta de *Pinus*, através de regressões tendo como parâmetros ângulo de saída da ferramenta de corte, espessura de corte, densidade básica e teor de umidade contido na madeira.

Os autores retrocitados obtiveram os seguintes modelos:

Quando os cavacos são delgados, a força paralela varia segundo uma curva de potência dada por:

$$F_p = k t^m w \quad (2.5)$$

para cavacos delgados, onde:

F_p = força paralela;

k = constante;

t = espessura do cavaco;

m = constante que varia de 0 a 1, geralmente situando-se entre 0,25 e 0,67;

w = largura do cavaco;

Por outro lado, para cavacos não tão delgados, é possível dividir a curva em trechos onde se pode utilizar uma equação linear simplificada:

$$F_p = (A + Bt)w \quad (2.6)$$

onde A e B são constantes adaptadas a cada situação particular.

Para sumarizar os efeitos dos principais fatores de corte $90^{\circ}-0^{\circ}$, foram executadas regressões múltiplas relacionando espessura de corte (h), teor de umidade (U), ângulo de saída (γ) e densidade básica(ρ), para determinar-se a força paralela média (Fp) e a força normal média (Fn).

Os modelo obtidos foram:

a) na direção $90^{\circ}-0^{\circ}$

$$Fp = -6,996 + 2178,193 \left[\frac{\rho h}{\sqrt{\gamma}} \right] - 274,182 \rho h - 409,777 U^2 + 147,362 U \quad (2.7)$$

com r^2 de 71% e erro padrão de 4,7 libras

$$Fn = -0,659 + 6,610 U^2 + 4,751 \frac{1}{\sqrt{\gamma}} - 87,518 \rho h + 336,975 \frac{\rho h}{\sqrt{\gamma}} \quad (2.8)$$

com r^2 de 69% e erro padrão de 0,36 libras.

a) na direção $0^{\circ}-90^{\circ}$

$$Fp = -5,902 + \frac{63,565}{\sqrt{\gamma}} + \frac{747,561 h}{\gamma} - \frac{0,0338}{U^2} + \frac{3,318}{\sqrt{U}} \quad (2.9)$$

com r^2 de 64% e erro padrão de 0,85 libras.

$$F_n = -2,241 - 3,572\sqrt{h} + \frac{694,063}{\gamma^2} + \frac{1,296}{\sqrt{\rho}} + 0,0305U\gamma \quad (2.10)$$

com r^2 de 69% e erro padrão de 0,36 libras.

b) direção 90°-90°

$$F_p = 1,964 + \frac{561,346\rho}{\gamma} + \frac{2650,962\rho h}{\gamma U} \quad (2.11)$$

com r^2 de 87% e erro padrão de 6,80 libras.

$$F_n = 0,285 - 180,253\gamma h + \frac{6,699h}{U} - \frac{50,615\rho h}{U} + \frac{894,843h}{U\gamma} \quad (2.12)$$

com r^2 de 82% e erro padrão de 3,40 libras.

Onde:

espessura de corte (h) em polegadas;

ângulo de saída (γ) em graus;

teor de umidade (U) – base seca – em fração decimal;

densidade (ρ) – volume e peso seco;

força paralela média (Fp) e força normal (Fn) em libras por 0,1 polegada de largura do corpo-de-prova.

2.10 Análise Estatística

2.10.1 Testes de igualdade entre médias

A verificação da igualdade entre as médias das forças de corte obtidas nos ensaios em corpos-de-prova radiais e tangenciais exige a aplicação de testes estatísticos. Neste item apresenta-se, resumidamente, os testes aplicados aos resultados experimentais.

Segundo AQUINO (1981), para se testar a hipótese de nulidade (H_0) de que a média (μ) de uma população com variância conhecida (σ^2) é igual a um valor μ_0 , contra a hipótese alternativa bilateral de que a média não é igual a μ_0 , isto é, testar:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Uma estatística adequada para basear-se a decisão é a variável aleatória \bar{x} . Sabendo que a distribuição amostral de \bar{x} é aproximadamente normal com $\mu_{\bar{x}} = \mu_x$ e variância $\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$, onde μ e σ^2 são a média e a variância da população da qual foram selecionadas as amostras aleatórias de tamanho n . Através do nível de significância (α) é possível encontrar dois valores críticos \bar{x}_1 e \bar{x}_2 , tais que o intervalo $\bar{x}_1 < \bar{x} < \bar{x}_2$ defina a região de aceitação e os dois extremos da distribuição, $\bar{x} < \bar{x}_1$ e $\bar{x} > \bar{x}_2$ definam a região crítica do teste.

A região crítica é dada em termos dos valores de z por meio de transformação,

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{n^{1/2}}} \quad (2.13)$$

Conseqüentemente, para um nível de significância α , os valores críticos da variável aleatória z , correspondentes a \bar{x}_1 e \bar{x}_2 são:

$$-z_{\alpha/2} = \frac{\bar{x}_1 - \mu_0}{\frac{\sigma}{n^{1/2}}} \text{ e } z_{\alpha/2} = \frac{\bar{x}_2 - \mu_0}{\frac{\sigma}{n^{1/2}}} \quad (2.14)$$

Da amostra em estudo seleciona-se uma amostra aleatória de tamanho n e calcula-se a média amostral \bar{x} . Se a média amostral pertencer à região de aceitação, $-\bar{z}_{\alpha/2} < \bar{z} < \bar{z}_{\alpha/2}$, então:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{n^{1/2}}} \quad (2.15)$$

situa-se na região $-z_{\alpha/2} < z < z_{\alpha/2}$ e conclui-se que $\mu = \mu_0$; de outra forma rejeita-se H_0 e aceita-se a hipótese alternativa H_1 de que $\mu \neq \mu_0$.

O teste descrito equivale a obter-se um intervalo de confiança de $(1-\alpha)100\%$ para μ , aceitando H_0 se μ_0 pertencer ao intervalo. Se μ_0 não pertencer ao intervalo rejeita-se H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 . Conseqüentemente, quando se fizer inferência a respeito da média (μ) de uma população com variância (σ^2) conhecida, quer seja pela construção de um intervalo de confiança ou através de um teste de hipótese, a mesma estatística $z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{n^{1/2}}}$ é utilizada.

Em geral, utiliza-se uma estatística para a construção do intervalo de confiança para um parâmetro θ , seja ela z , t , χ^2 ou F . A mesma estatística pode ser utilizada para testar a hipótese de que o parâmetro é igual a algum valor específico θ_0 , contra as alternativas de que $\theta < \theta_0$, $\theta > \theta_0$ ou $\theta \neq \theta_0$.

Os passos utilizados para se testar a hipótese referente a um parâmetro populacional θ contra alguma hipótese alternativa, podem ser sintetizados da seguinte forma:

1° - $H_0 : \theta = \theta_0$;

2° - H_1 : as alternativas são $\theta < \theta_0$, $\theta > \theta_0$ ou $\theta \neq \theta_0$;

3° - Escolha do nível de significância α ;

4° - Seleção de uma estatística apropriada e estabelecimento da região crítica;

5° - Cálculo do valor estatístico baseado numa amostra aleatória;

6° - Conclusão: rejeita-se H_0 se o valor estatístico pertence à região crítica; de outra forma aceita-se H_0 .

A seguir apresentam-se as estatísticas utilizadas para testar uma hipótese específica H_0 e, ainda, as regiões críticas apropriadas para as hipóteses alternativas unilaterais e bilaterais.

a – Igualdade de um parâmetro com a média de um conjunto

$H_0 : \mu = \mu_0$

Teste estatístico:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (2.16)$$

H_1	Região Crítica
$\mu < \mu_0$	$z < -z_\alpha$
$\mu > \mu_0$	$z > z_\alpha$
$\mu \neq \mu_0$	$z < -z_{\alpha/2}$ e $z > z_{\alpha/2}$

b – Igualdade entre duas médias com variâncias iguais e conhecidas

$$H_0 : \mu - \mu_0 = d_0$$

Teste estatístico:

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}} \quad (2.17)$$

H_1	Região Crítica
$\mu - \mu_0 < d$	$z < -z_\alpha$
$\mu - \mu_0 > d$	$z > z_\alpha$
$\mu - \mu_0 \neq d$	$z < -z_{\alpha/2}$ e $z > z_{\alpha/2}$

c - Igualdade entre duas médias com variâncias iguais, porém desconhecidas

$$H_0 : \mu - \mu_0 = d_0$$

Teste estatístico:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2.18)$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 \quad (2.19)$$

$$s_p = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2.20)$$

H_1	Região Crítica
$\mu - \mu_0 < d$	$t < -t_\alpha$
$\mu - \mu_0 > d$	$t > t_\alpha$
$\mu - \mu_0 \neq d$	$t < -t_{\alpha/2}$ e $t > t_{\alpha/2}$

d - Igualdade entre duas médias com variâncias diferentes e desconhecidas

$$H_0 : \mu - \mu_0 = d_0$$

Teste estatístico:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \cdot \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.21)$$

$$\nu = \frac{\left[\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right) + \left(\frac{s_2^2}{n_2} \right) \right]^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad (2.22)$$

H_1	Região Crítica
$\mu - \mu_0 < d_0$	$t < -t_\alpha$
$\mu - \mu_0 > d_0$	$T > t_\alpha$
$\mu - \mu_0 \neq d_0$	$t < -t_{\alpha/2}$ e $t > t_{\alpha/2}$

e - Para observações emparelhadas

$$H_0 : \mu_D = d_0$$

Teste estatístico:

$$t = \frac{\bar{D} - d_0}{s_d / \sqrt{n}} \quad (2.23)$$

$$\nu = n - 1 \quad (2.24)$$

H_1	Região Crítica
$\mu_D < d_0$	$t < -t_\alpha$
$\mu_D > d_0$	$T > t_\alpha$
$\mu_D \neq d_0$	$t < -t_{\alpha/2}$ e $t > t_{\alpha/2}$

2.10.2 Teste t em variáveis emparelhadas

Nos casos anteriores examinou-se a diferença entre amostras distintas, onde as variáveis não estavam associadas. Algumas vezes, porém, tem-se que analisar variáveis emparelhadas, onde cada valor de x_A está associado a um valor x_B . Assim, pode-se constituir pares de plantas, animais, trabalhadores, corpos-de-prova, máquinas, etc., de forma que cada par seja composto por elementos semelhantes quanto à característica na qual se vai medir o efeito dos tratamentos. Nestas condições, deve-se homogeneizar o máximo possível o material em estudo, de tal modo que o único fator variável seja o tratamento aplicado. Após a constituição dos pares, procede-se o sorteio para a distribuição dos tratamentos dentro do par. Se os indivíduos de cada par são perfeitamente iguais, no fim do experimento todas as diferenças entre os pares seriam iguais e não haveria erro experimental. Contudo, na prática, sempre há diferenças entre os indivíduos que formam o par e, além disso, há diferenças de respostas dos indivíduos aos tratamentos, razões pelas quais as diferenças entre os pares não são iguais.

Para a análise estatística, consideram-se as diferenças de pares, como dados de uma amostra extraída de uma população de diferenças. A variabilidade da amostra de diferenças é tanto menor quanto mais semelhantes forem os indivíduos de cada par. Quanto mais semelhança houver entre os elementos de cada par, maiores serão as possibilidades do experimento para detectar pequenas diferenças de efeitos entre os tratamentos.

A comparação entre as médias dos tratamentos se faz pelo teste de t, dado por:

$$t = \frac{\bar{D}}{s(\bar{D})} \quad (2.25)$$

onde:

\bar{D} representa a diferença entre as médias e $s(\bar{D})$ o erro padrão das diferenças entre os pares. Para se determinar o erro padrão, calcula-se o desvio padrão das diferenças e divide-se pela raiz quadrada do número de pares envolvidos na experiência. Portanto, tem-se:

$$S_D^2 = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n - 1} \quad (2.26)$$

$$s(\bar{D}) = \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad (2.27)$$

O número de graus de liberdade para a consulta à tabela de t é igual ao número de graus de liberdade com que se estima o desvio padrão das diferenças entre os pares.

2.11 Regressão linear

2.11.1 Regressão linear simples

A obtenção de modelos matemáticos através da utilização de resultados experimentais requer uma série de análises estatísticas. Neste ítem serão resumidamente apresentados algumas destas análises.

Os métodos estatísticos abordados até agora trataram do estudo de uma variável aleatória com sua distribuição de frequência, determinação das medidas descritivas da distribuição, cálculo das estimativas e testes de hipóteses sobre os parâmetros das distribuições. Muitos problemas tratados pela Estatística envolvem apenas uma variável, mas, em numerosos casos, depara-se com situações que relacionam duas, três ou mais

variáveis. Uma das técnicas utilizadas para o estudo destas situações é conhecida como regressão.

O método estatístico da regressão é utilizado com o interesse de se estudar a relação existente entre duas ou mais variáveis, através de um modelo que descreva esta relação, e possa ser utilizado para se fazer estimativas ou predições de uma das variáveis. Assim, a técnica de regressão consiste em se ajustar uma curva a um conjunto de dados, com objetivo de que ela expresse matematicamente a relação entre as variáveis. Esta denomina-se de curva de regressão, e a equação que a descreve, de equação de regressão.

Pela equação de regressão pode-se estimar para um determinado valor de uma variável, o valor esperado da outra com a qual esteja relacionada.

O estudo de regressão tem múltiplas aplicações em pesquisas, nos mais variados campos da ciência e nos trabalhos práticos, sejam agrícolas, agro-industriais, comerciais ou econômicos.

O método dos mínimos quadrados

Conhecida a relação entre as duas variáveis, através do diagrama de dispersão, se procede o ajustamento de uma curva aos dados. Esta curva tem a finalidade de expressar matematicamente a relação entre as variáveis envolvidas. Se o gráfico de dispersão mostrar uma relação linear, uma reta de regressão será a forma matemática da curva de ajustamento. Caso ele evidencie uma tendência parabólica, então uma parábola do 2º, 3º e 4º graus poderá descrever melhor o ajustamento. No primeiro caso tem-se uma regressão linear de equação geral:

$$y = a + bX \quad (2.28)$$

e, no segundo caso, uma regressão curvilínea de forma:

$$Y = a + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_nX^n \quad (2.29)$$

onde n indica o grau da curva interpoladora (ajustamento).

Observando-se o diagrama de dispersão representado pela Figura 2.13, vê-se que uma infinidade de retas poderia ser traçada para descrever a associação entre as variáveis. Como a reta desejada deve ser usada para fins de previsão, é razoável exigir que ela seja tal que torne pequenos os erros dessa previsão. Um erro de previsão significa a diferença entre um valor observado de Y_i e o valor correspondente \hat{Y}_i estimado pela reta de ajustamento. Assim, para evitar o critério individual na construção de retas, parábolas, ou outras curvas de ajustamento que se adaptem ao conjunto de dados, é necessário instituir uma definição da “melhor curva de ajustamento”.

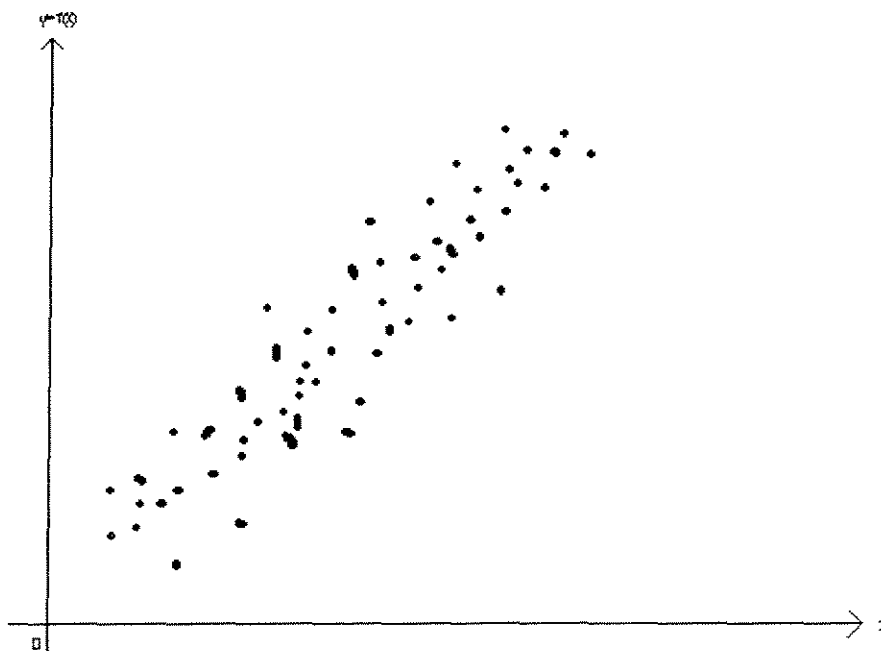


Figura 2.13: Exemplo de gráfico de dispersão

Os erros são representados por:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (2.30)$$

sendo positivos para valores observados acima da reta e negativos se estes valores estão abaixo da reta. A reta de melhor ajustamento é aquela que tem a soma dos quadrados de todos os erros, tanto os que estão abaixo da reta ajustadas, como os que estão acima, menor do que a soma de quadrados dos erros correspondentes a qualquer outra reta que se possa conceber. Assim, exige-se, pelo método dos quadrados mínimos, que a soma dos quadrados dos erros seja mínima. A curva que apresente essa propriedade, ajusta os dados no sentido dos mínimos quadrados e é denominada curva de mínimos quadrados.

Para obtenção dos parâmetros do método dos mínimos quadrados tem-se:

Seja $Y_i = a + b(X_i - \bar{X})$ a equação da reta a ser ajustada, não paralela ao eixo das ordenadas, onde b é a declividade ou coeficiente angular, também denominado coeficiente de regressão, \bar{X} é a média dos valores de X_i , e a é para $X_i = \bar{X}$, a interseção da reta ajustada com o eixo das ordenadas (coeficiente linear). A experiência tem demonstrado que é muito vantajoso o uso da equação da reta na forma apresentada, e não na original: $Y_i = a + bX_i$.

O problema consiste em determinar os parâmetros a e b de tal modo que a soma dos quadrados dos erros seja mínima.

Nestas condições tem-se:

$$Z = \sum e_i^2 \quad (2.31)$$

$$Z = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.32)$$

$$Z = \sum \left\{ Y_i - \left[a + b(X_i - \bar{X}) \right] \right\}^2 \quad (2.33)$$

$$Z = \sum [Y_i - a - b(X_i - \bar{X})]^2 \quad (2.34)$$

Essa soma é função dos parâmetros a e b.

A condição para que função passe por um mínimo é que suas derivadas parciais de primeira ordem sejam nulas, e que suas derivadas de segunda ordem sejam positivas. Logo:

$$\begin{cases} \frac{dZ}{da} = 2 \sum [Y_i - a - b(X_i - \bar{X})](-1) \\ \frac{dZ}{db} = 2 \sum [Y_i - a - b(X_i - \bar{X})][-(X_i - \bar{X})] \end{cases} \quad (2.35)$$

$$\begin{cases} \frac{dZ}{da} = 2 \sum [-Y_i + a + b(X_i - \bar{X})] \\ \frac{dZ}{db} = 2 \sum [-(X_i - \bar{X})Y_i + a(X_i - \bar{X}) + b(X_i - \bar{X})^2] \end{cases} \quad (2.36)$$

$$\begin{cases} 2 \sum [-Y_i + \hat{a} + \hat{b}(X_i - \bar{X})] = 0 \\ 2 \sum [-(X_i - \bar{X})Y_i + \hat{a}(X_i - \bar{X}) + \hat{b}(X_i - \bar{X})^2] = 0 \end{cases} \quad (2.37)$$

A segunda condição é que as derivadas segundas sejam positivas:

$$\begin{cases} \frac{d^2Z}{da^2} = 2n > 0 \\ \frac{d^2Z}{db^2} = 2 \sum (X_i - \bar{X})^2 > 0 \end{cases} \quad (2.38)$$

As raízes da equação que tornam a função mínima são:

$$\begin{cases} \sum [-Y_i + a + b(X_i - \bar{X})] = 0 \\ \sum [-(X_i - \bar{X})Y_i + a(X_i - \bar{X}) + b(X_i - \bar{X})^2] = 0 \end{cases} \quad (2.39)$$

$$\begin{cases} -\sum Y_i + n\hat{a} + b \sum (X_i - \bar{X}) = 0 \\ -\sum (X_i - \bar{X})Y_i + \hat{a} \sum (X_i - \bar{X}) + \hat{b} \sum (X_i - \bar{X})^2 = 0 \end{cases} \quad (2.40)$$

Como $\sum (X_i - \bar{X}) = 0$, tem-se:

$$\begin{cases} \sum Y_i = n\hat{a} \\ \sum (X_i - \bar{X})Y_i = \hat{b} \sum (X_i - \bar{X})^2 \end{cases} \quad (2.41)$$

Logo:

$$\hat{a} = \frac{\sum Y_i}{n} = \bar{Y} \quad e \quad \hat{b} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})Y_i}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.42)$$

As equações constantes dos sistema (2.41) obtidas segundo o processo dos mínimos quadrados, denominam-se equações normais.

Uma vez estimados os coeficientes \hat{a} e \hat{b} , obtem-se a equação de regressão ajustada nas formas:

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}(X_i - \bar{X})$$

ou

$$\hat{Y}_i = \bar{Y} + \hat{b}(X_i - \bar{X}) \quad (2.43)$$

Para fins de cálculos é conveniente trabalhar com uma fórmula de \hat{b} mais simplificada o que se consegue com a seguinte transformação:

$$\hat{b} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})Y_i}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad i=(1, 2, 3, \dots, n) \quad (2.44)$$

Desenvolvendo o quadrado do denominador de \hat{b} fica:

$$\hat{b} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})Y_i}{\sum (X_i^2 - 2X_i\bar{X} + \bar{X}^2)} \quad (2.45)$$

Resolvendo os somatórios:

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - \bar{X} \sum Y_i}{\sum X_i^2 - 2\bar{X} \sum X_i + n\bar{X}^2} \quad (2.46)$$

Sendo $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$, vem:

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - 2 \frac{\sum X_i}{n} \sum X_i + n \frac{(\sum X_i)^2}{n^2}} \quad (2.47)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{2(\sum X_i)^2}{n} + \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad (2.48)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad (2.49)$$

O numerador da equação do coeficiente de regressão se denomina Soma de Produtos de XY e o denominador chama-se Soma de Quadrados de X. Então:

$$SP \text{ de } XY = \sum XY - \frac{\sum XY}{n} \quad (2.50)$$

$$SQ \text{ de } X = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (2.51)$$

$$\hat{b} = \frac{SPXY}{SQX} \quad (2.52)$$

Característica da linha de regressão

- 1- Ela é válida dentro dos valores observados de X. Fora destes limites não é aconselhável usar a equação de regressão para fazer previsões, pois não sabe se o fenômeno em estudo continuará a apresentar a mesma dependência linear entre as variáveis.
- 2- Se \hat{b} é positivo, a reta de regressão é ascendente da esquerda para a direita, e se é negativa, ela é descendente.

- 3- A linha de regressão deve passar pelo ponto de coordenadas \bar{X} e \bar{Y} .
- 4- A soma algébrica dos desvios $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ deve ser nula. Os desvios são positivos se os valores observados estão acima da reta de regressão e negativos se eles estiverem abaixo da reta.
- 5- A soma dos quadrados dos desvios é menor que a mesma soma calculada em relação a qualquer outra reta que se trace.
- 6- A linha de regressão corta o eixo das ordenadas a uma distância da origem deste eixo igual a "a" (coeficiente linear da reta de regressão).

Correlação

A correlação é uma medida do grau de associação entre variáveis que determina quanto a equação descreve ou explica a verdadeira relação entre as variáveis. Esta correlação pode ser medida matematicamente, através do coeficiente de correlação. O coeficiente de correlação apenas mostra se as variáveis estão relacionadas ou não, sem propiciar meios para expressar esta ligação por meio de uma equação e proceder estimativas, como se faz no estudo de regressão. Para validade da correlação exige-se que as variáveis aleatórias envolvidas tenham distribuições normais.

Se todos os valores das variáveis satisfazem exatamente uma equação, diz-se que elas estão em correlação perfeita. Quando se estudam duas variáveis, a correlação entre elas é dita simples, enquanto que o estudo de mais de duas variáveis é tratado na correlação múltipla. Se a dependência entre duas variáveis X e Y pode ser descrita por uma reta, a correlação entre elas é linear. Se Y aumenta quando X aumenta a correlação é denominada positiva ou direta. Se Y diminui quando X aumenta a correlação é negativa ou inversa. Para os casos em que a dependência entre as variáveis pode ser descrita por uma curva, a

correlação é chamada não linear ou curvilínea. Se não existe associação entre as variáveis, diz-se que não há correlação entre elas ou que elas são não-correlacionadas.

Cálculo do coeficiente de correlação

Ao estudar-se na regressão linear, a precisão com que uma reta se ajusta a um conjunto de pares de variáveis X e Y, vê-se que a variação total é a soma da variação não explicada (de acaso) com a variação explicada pela regressão. É demonstrado também que a variação total é dada por $\sum (Y_i - \bar{Y})^2$, a variação não explicada por $\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ e a variação explicada pela regressão por $\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$. Expressando-se a variação explicada em porcentagem da variação total, obtém-se o coeficiente de determinação que vai indicar quanto da variação total pode ser explicada pela dependência entre as variáveis. Em outras palavras, ela indica qual a porcentagem da variação em Y que foi explicada pela variação explicada for nula, isto é, se a variação total for toda não explicada, esse coeficiente será nulo. Se a variação não explicada for igual a zero, ou seja, a variação total é toda explicada o coeficiente será 1. Nos outros casos, o coeficiente terá valor compreendido entre 0 e 1. Como a relação é sempre positiva, representa-se esse coeficiente por r^2 . A raiz quadrada do coeficiente de determinação define o coeficiente de correlação que vem expresso por:

$$r = \pm \sqrt{\frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}}} \quad (2.53)$$

ou

$$r = \pm \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

O coeficiente de correlação, medindo o grau de associação entre variáveis, pode ser negativo ou positivo. Numericamente, seu campo de variação se estende de -1 indicando

uma perfeita associação negativa até + 1 que indica uma perfeita associação positiva. Um valor de r nulo mostra que não existe correlação entre as variáveis.

Uma maneira de tornar a expressão de r mais fácil de ser calculada pode ser obtida desenvolvendo os somatórios da expressão anterior. Com este procedimento obtém-se:

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sqrt{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}} \quad (2.54)$$

ou

$$r = \frac{SPXY}{\sqrt{SQX \cdot SQY}}$$

As expressões (2.53) para coeficiente de correlação são gerais e podem ser empregadas tanto para as relações não lineares como para as lineares, com a única diferença de \hat{Y}_i ser calculado por meio de uma equação de regressão não linear em lugar de uma linear e dos sinais \pm serem omitidos. Nestas condições, a expressão (2.54) é aplicável à correlação linear, pois Y_i foi substituído por uma equação linear.

É interessante frisar que o valor de r, calculado em qualquer caso, mede o grau de associação correspondente ao tipo de equação que é realmente admitida. Se for adotada uma equação linear e se as expressões de (2.53) conduzirem a um r próximo de 0, isso apenas significa que não há correlação linear entre as variáveis. Entretanto, não significa que não haja nenhuma correlação, pois pode existir uma forte correlação não linear entre as variáveis.

As principais características deste coeficiente são:

- 1) Eles são números adimensionais;

- 2) Seus valores estão compreendidos entre -1 e 1 ;
- 3) O sinal de r depende somente do sinal da soma de produtos;
- 4) Se o coeficiente for positivo as duas características estudadas tendem a variar no mesmo sentido, isto é, se aumenta o valor de uma, aumenta o valor da outra, e se diminui o valor de uma, diminui o valor de outra. Se o sinal for negativo as duas características variam em sentido contrário, ou seja, se aumenta o valor de uma, diminui o valor de outra e vice-versa;
- 5) A relação entre as duas variáveis é tanto mais estreita, quanto mais o coeficiente se aproxima de $+1$ ou -1 ;
- 6) Se a relação entre as variáveis for perfeita, o valor de r será 1 ou -1 e se não houver relação alguma seu valor será zero;
- 7) O valor de r é uma estimativa do parâmetro ρ , da mesma forma que a média \hat{m} é uma estimativa de μ .

Teste para o coeficiente de correlação

A fim de julgar se o valor de r é estatisticamente igual ao parâmetro de uma população em que $\rho = 0$, pode-se empregar o teste t definido por:

$$t = \frac{r - \rho}{\sqrt{1 - r^2}} \cdot \sqrt{n - 2} \quad (2.55)$$

O valor de t da tabela é verificada nos níveis de significância adotados com $n - 2$ graus de liberdade.

Interpretação do coeficiente de correlação

Se o valor de r se encontra próximo de zero, isto indica que os pares de dados apresentados no diagrama de dispersão estão bastante dispersos, e que a equação de regressão é deficiente para descrever a associação entre as variáveis. Nestas condições, para um dado valor de X , não é possível prever o valor de Y correspondente. Por outro lado, se o valor de r se encontra próximo de -1 ou 1 , significa que os pares de dados se aproximam bem da equação de regressão, sendo possível fazer uma boa predição de Y .

O fato de encontrar-se um valor r , próximo de zero, não significa que inexistente associação entre as variáveis, pois se for um coeficiente de correlação linear ele apenas diz que esta ligação pode ser descrita por uma linha reta. Logo, pode existir uma pronunciada relação curvilínea que expresse bem a dependência entre as variáveis.

O coeficiente de correlação não implica necessariamente numa medida de causa e efeito. Assim, é mais seguro interpretar o coeficiente de correlação como medida de associação, do que como medida de causa e efeito.

2.11.2 Regressão linear múltipla

A maioria dos problemas práticos envolve mais de uma variável para previsão.

Os métodos para tratar problemas de previsão de uma variável por meio de diversas outras variáveis, são semelhantes àqueles realizados para uma variável. Para se prever y em função de duas variáveis x_1 e x_2 , é necessário obter-se o plano que melhor se ajusta, no sentido dos mínimos quadrados, a um diagrama de pontos de três dimensões.

A equação de um plano no espaço determinado pelas variáveis y, x_1 e x_2 pode ser escrita na forma:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad (2.56)$$

O problema é estimar os três parâmetros a_0, a_1 e a_2 pelo método dos mínimos quadrados. Como há n valores disponíveis, segue-se que os valores dos mínimos quadrados de a_0, a_1 e a_2 são obtidos resolvendo-se em conjunto de três equações lineares. Supõe-se que as somas sejam efetuadas sobre todos os n valores das variáveis.

$$\begin{aligned} a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 &= \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 &= \sum x_1 y \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 &= \sum x_2 y \end{aligned} \quad (2.57)$$

Este resultado é generalizado para um número indefinido de variáveis. Assim, se o sistema for de quatro variáveis, x_1, x_2, x_3 e x_4 , haverá cinco equações nas cinco incógnitas a_0, a_1, a_2, a_3 e a_4 para ser solucionado.

2.12 Método numérico para cálculo de zero de função

Tendo em vista que a obtenção do ângulo ideal no corte ortogonal $90^\circ-0^\circ$ prevê cálculo do valor para o qual se obtém F_n igual a zero, é necessário estudar-se o método numérico para o cálculo de zero da função.

2.12.1 Métodos iterativos para resolução de equações polinomiais ou transcendentais.

Segundo SAFADI & MORAIS (1995) qualquer método iterativo é obtido basicamente por quatro passos:

- a) Estimativa inicial: uso de uma ou mais aproximações para a raiz desejada. Esta expressão é obtida na separação das raízes;
- b) Atualização: obtenção de uma expressão que atualize a solução aproximada. Esta expressão depende do método utilizado;

- c) Critério de parada: forma de se estabelecer quando parar o processo iterativo em qualquer caso;
- d) Estimador de exatidão: Está associado ao critério de parada e à obtenção de uma estimativa do erro cometido.
-

Método Gráfico

Seja a equação algébrica ou transcendente $f(x)=0$. As raízes reais de $f(x)=0$ podem ser obtidas através de representação gráfica de $f(x)$ contra X . As raízes x_1, x_2, \dots de $f(x)=0$ são os pontos em que a curva representativa de $f(x)$ corta o eixo das abscissas (Figura 2.14).

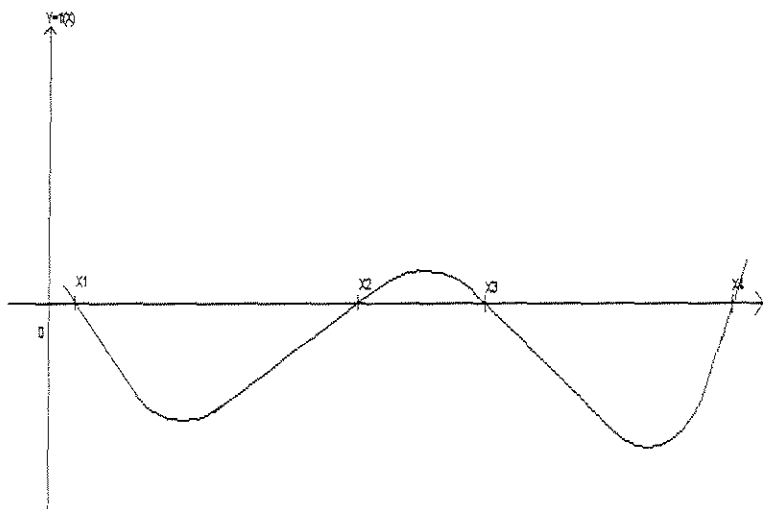


Figura.2.14 – Gráfico com raízes reais

Uma outra maneira de se determinar as raízes é desdobrar a função $f(x) = 0$ em funções mais simples $g(x)$ e $h(x)$ na forma $f(x) = g(x) - h(x) = 0$ e, portanto, $g(x) = h(x)$. Por exemplo $f(x) = e^{-x} - \text{sen}(x) = 0$ de onde toma-se $g(x) = e^{-x}$ e $h(x) = \text{sen}(x) \Rightarrow e^{-x} = \text{sen}(x)$ (Figura 2.15).

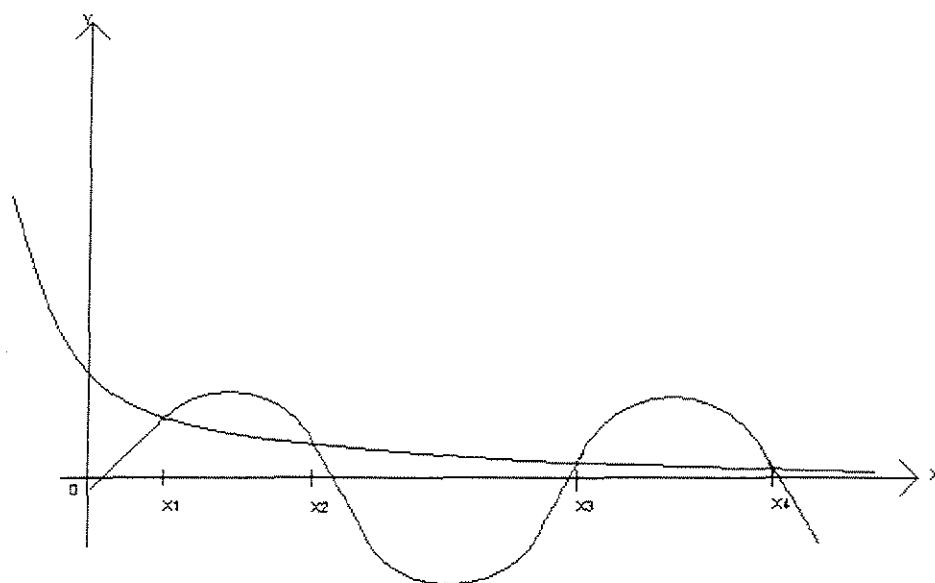


Figura 2.15 – Gráfico de uma função desdobrada

A representação gráfica das funções $g(x)$ e $h(x)$ contra X , num mesmo gráfico, mostra que as raízes x_1, x_2, \dots são as abscissas do ponto de encontro das curvas representativas de $g(x)$ e de $h(x)$ contra X .

- i) A precisão dos resultados do método gráfico depende fundamentalmente da habilidade do desenhista;
- ii) O método torna-se inadequado quando se deseja obter as raízes com mais de três algarismos significativos.

Método de Newton

O método de Newton, ou método das tangentes, é um dos métodos clássicos para o cálculo de zeros ou de raízes de funções (Figura 2.16).

Seja $f(x)$ uma função contínua em um intervalo (a, b) , de tal modo que contenha uma raiz de $f(x)=0$, e seja $y=f(x)$ a função associada.

Este método pode ser aplicado segundo os seguintes passos:

- 1 - Construção de um gráfico considerando $b=x_0$ (ou $a=x_0$), b como ponto inicial;
- 2 - Obtenção da tangente a $y=f(x)$ no ponto $(x_0, f(x_0))$;
- 3 - Determinação do ponto $(x_1, 0)$ onde a reta tangente corta o eixo das abscissas (Figura 2.17);
- 4 - A partir do ponto $(x_1, f(x_1))$ o processo é repetido até a obtenção da precisão desejada.

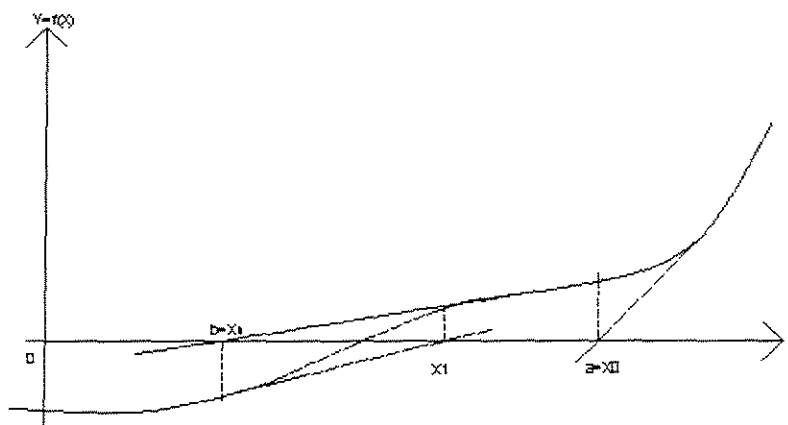


Figura 2.16 – Exemplificação do Método de Newton

Resumidamente, o processo consiste em determinar-se o ponto x_{n+1} pertencente à interseção do eixo das abscissas com a reta tangente à curva $y = f(x)$ no ponto $(x_n, f(x_n))$.

Como a reta tem por equação $y - f(x_n) = f'(x_n)(x - x_n)$ e o ponto do eixo dos x é $(x_{n+1}, 0)$, o valor de x_{n+1} é determinado por:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (2.57)$$

O Método de Newton fornece valores que podem convergir rapidamente para o valor exato da raiz, mas esta convergência é, algumas vezes, ilusória. Muitas vezes, em lugar dos valores obtidos aproximarem-se da raiz, afastam-se podendo mesmo ultrapassar o intervalo da raiz. Há, portanto, necessidade do exame de cada resultado para verificar se não está se afastando do valor da raiz.

FOURIER aperfeçoou o método de Newton estabelecendo condições que permitam segurança na avaliação das aproximações sucessivas. Essas condições são:

- (1) $f(a)/f'(a) < 0$ e $f(b)/f'(b) > 0$, para que os novos valores estejam dentro do intervalo (a, b) ;
- (2) $x_0 = a$ quando $f(a)$ e $f''(a)$ forem de mesmo sinal, ou $x_0 = b$ quando $f(b)$ e $f''(b)$ forem de sinais diferentes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Base de dados

A base de dados utilizada foi o conjunto de resultados experimentais obtidos por NERI (1998), em seu trabalho. Esta base de dados é composta de valores de força de corte ortogonal distribuídas como mostra a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Base de dados composta de valores de força de corte ortogonal.

CORTE 90°-0°										CORTE 90°-90°									
TANGENCIAL					RADIAL					TANGENCIAL					RADIAL				
γ	h [mm]	PARALELA		NORMAL		PARALELA		NORMAL		γ	h [mm]	PARALELA		NORMAL		PARALELA		NORMAL	
		MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX			MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX	MED	MAX
10°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*	20°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,762	*	*	*	*	*	*	*	*		0,762	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,143	*	*	*	*	*	*	*	*		1,143	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,524	*	*	*	*	*	*	*	*		1,524	*	*	*	*	*	*	*	*
20°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*	30°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,762	*	*	*	*	*	*	*	*		0,762	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,143	*	*	*	*	*	*	*	*		1,143	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,524	*	*	*	*	*	*	*	*		1,524	*	*	*	*	*	*	*	*
30°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*	40°	0,381	*	*	*	*	*	*	*	*
	0,762	*	*	*	*	*	*	*	*		0,762	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,143	*	*	*	*	*	*	*	*		1,143	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,524	*	*	*	*	*	*	*	*		1,524	*	*	*	*	*	*	*	*

*a célula contém 20 dados experimentais

Os resultados se referem a ensaios com três espécies de eucalipto: *E. grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*, cuja densidades básicas médias foram 0,422 (tangencial) e 0,407 (radial); 0,559 (tangencial) e 0,568 (radial); 0,905 (tangencial) e 0,918 (radial),

respectivamente, para as espécies, nas direções $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$. O teor de umidade média dos corpos-de-prova foi de 106,1 (tangencial) 92,6 (radial) para o *E. grandis*; 82,5 (tangencial) e 78,7 (radial) para o *E. saligna* e 39,2 (tangencial) e 38,2 (radial) para o *E. citriodora*, também nas direções $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$.

3.1.2 – Softwares

3.1.2.1 – Análise de dados

Para execução da análise estatística dos resultados os programas computacionais adotados foram o S-PLUS 4.5 e o MATLAB. Este primeiro programa estatístico foi desenvolvido pela AT & BELL Laboratories e comercializado pela StartSci Europe. É um método flexível e realiza as seguintes análises:

- Estatística Descritiva;
- Regressões: lineares, polinomiais, logarítmicas, etc...;
- Modelos lineares gerais;
- Estatística multivariável;
- Classificação e regressão metodológica;
- Interpolação;
- Análise de grupos;
- Análise de séries temporais;
- Estimação de densidade;
- Ajuste de curva;

- Comparação Múltipla – ANOVA;
- Otimização numérica

O MATLAB é um software com linguagem de programação para computação científica desenvolvido pela MathWorks, Inc. Através dele pode-se obter a resolução de matrizes, equações diferenciais, conjunto de dados, gráficos e diagramas através da Matemática Aplicada.

Este software tem sido utilizado em larga escala nas áreas industrial, governamental e acadêmica com amplo espectro de aplicações científicas, de engenharia e outras, tornando-se o ambiente de computação gráfica de grande importância.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Determinação de modelos matemáticos

Utilizando a base de dados citada, foram testados modelos matemáticos para relacionar as forças de corte com os parâmetros:

- Espessura de Corte;
- Densidade Básica;
- Ângulo de Saída da ferramenta.

Para a determinação dos modelos matemáticos que melhor representassem os conjuntos de dados experimentais, foram utilizadas ferramentas da Estatística. Com auxílio do software S-Plus 4.5 os modelos eram testados através da dispersão dos resíduos, dos testes “t” e “F” e, também, dos coeficientes de determinação (R^2) e coeficientes de variação da regressão (CV).

As etapas da análise foram:

1ª- Análise gráfica da dispersão dos resíduos.

Verificou-se a uniformidade da distribuição dos resíduos pois, sabe-se que, quando os mesmos apresentam distribuição uniforme em torno da média (valores positivos e negativos), todo o efeito da variável foi observado pelo modelo ou sua influência nos valores observados não foi significativa.

Ocorrendo tendência de acréscimos ou decréscimos sucessivos de dispersão ao longo do eixo, sabe-se que a variância não é uniforme, implicando, provavelmente, na necessidade de se estudar um outro modelo matemático.

Se esta tendência for linear, verifica-se a necessidade de inclusão de um termo linear; ocorrendo uma tendência curva é provável a necessidade da inclusão de termos quadráticos, ou de ordem superior, no modelo.

2ª- Testes “t” e “F”:

a). teste t- indica a significância de cada variável no modelo adotado. O teste consta em verificar se a probabilidade $|t|$ é menor ou igual a 5% (nível de significância do teste), o que indica que a variável adicionada ao modelo foi significativa;

b). teste F- indica a significância do modelo adotado. O teste consiste em se comparar o valor de $F_{\text{calculado}}$ com o valor da probabilidade de F. Se $F_{\text{calculado}}$ for maior que probabilidade de F, a regressão é considerada significativa estatisticamente;

3ª- Coeficiente de determinação (R^2). Indica se o modelo se ajusta bem aos dados experimentais;

4^a- Coeficiente de variação da regressão (CV). Indica a variação dos dados experimentais com relação ao modelo matemático ajustado;

Através das análises descritas, diversos modelos matemáticos foram testados para representar os valores obtidos experimentalmente. Dentre os modelos estudados, adotou-se aquele que melhor se ajustou, considerando-se os parâmetros estatísticos apresentados (testes t e F, análise de resíduos, R^2 e CV).

3.2.2 Determinação do ângulo de saída ideal no corte ortogonal $90^\circ-0^\circ$

Conforme descrito no capítulo de Revisão Bibliográfica, um importante aspecto a ser estudado no corte $90^\circ-0^\circ$, é a determinação do ângulo de saída ideal da ferramenta de corte. Este ângulo é aquele que propiciaria a existência de uma força normal igual ou próxima de zero, e que produziria cavacos tipo II. A superfície gerada neste caso será de melhor qualidade, sendo, portanto, um importante parâmetro prático da qualidade de corte da madeira.

O ângulo de saída ideal foi obtido através de quatro diferentes metodologias:

1^ª - Encontrando o zero da função, nos modelos adotados para força normal em função de ângulo de saída. Os modelos foram obtidos através do método estatístico de regressão linear, seguindo os critérios anteriormente citados, e o zero da função foi obtido como auxílio do software MATLAB.

2^ª - Pelo valor do coeficiente de atrito (μ), obtido através da expressão:

$$\mu = \operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\frac{F_n}{F_p} + \alpha\right) \quad (3.1)$$

3^a - Através da equação da expressão

$$\mu = a + b\left(\frac{T}{R}\right) \quad (3.2)$$

que correlaciona os valores da força de atrito aos valores das propriedades de resistência das espécies estudadas, onde T e R que representam, respectivamente, resistência à tração normal às fibras e módulo de resistência à flexão.

A análise de regressão foi calculada utilizando-se a resistência à tração normal (ft_{90}), a resistência à tração paralela (ft_0) e os coeficientes de fricção (μ) para as três espécies de eucalipto estudadas (*E. citriodora*, *E. saligna* e *E. grandis*). Os valores de ft_{90} e ft_0 foram obtidas da NBR7190/97 (Anexo E da Norma). O valor da resistência à flexão (ft_m) foi simplifcadamente tomado como igual ft_0 conforme item 5.3.3 da Norma. Os valores de μ foram calculados pela expressão

$$\mu = tg\left(\arctg\frac{Fn}{Fp} + \alpha\right) \quad (3.3)$$

utilizando os valores experimentais de NERI (1998).

4^a - Utilizando a equação proposta por STEWART (1977), para madeira na condição saturada:

$$\mu = 0,95 - 6,05\left(\frac{T}{R}\right) \quad (3.4)$$

onde:

$T=ft_{90}$ e $R=ft_0$

Os valores de ft_{90} e ft_0 foram obtidos da NBR 7190/97 (Anexo E).

3.2.3 Comparação entre forças de corte paralela nas direções tangenciais e radiais

Os ensaios realizados por NERI (1998) foram feitos levando-se em conta as direções anatômicas radial e tangencial do corpo-de-prova. Visando verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos nas duas direções, foram executados testes de comparação de médias. Estes testes foram executados através da utilização do software S-PLUS 4.5. O teste consiste em verificar se o intervalo de confiança obtido contém o zero. Ou seja, se o intervalo de confiança contém o zero, a hipótese de que as médias não apresentam diferenças estatisticamente significativas não pode ser descartada. Se o intervalo não contém o zero, as médias apresentam diferenças significativas.

4 - RESULTADOS

4.1. Modelos para determinação das forças de corte normal e paralela

Utilizando-se a base de dados apresentada e, seguindo a metodologia descrita no item 3.2.1, foram obtidos os modelos das forças (paralela e normal) em função dos parâmetros de corte (ângulo de saída, espessura de corte e densidade básica), nas duas direções (radial e tangencial), e para os dois tipos de corte (90° - 0° e 90° - 90°). As tabelas de 4.1 à 4.16 apresentam estes resultados.

As análises foram executadas para as forças máximas e médias. A força máxima, ainda que sendo apenas um valor de pico, é importante no dimensionamento das máquinas que compõem uma serraria. A força média é importante por tratar-se do valor mais representativo do processo. A força mínima não foi estudada, tendo em vista ser um valor de pico que, muitas vezes, é obtido devido a defeitos na peça usinada. Este valor, portanto, não foi considerado.

Nas tabelas citadas são apresentados os modelos de regressão simples: força x espessura de corte e força x densidade básica, para cada ângulo estudado e, o modelo de regressão múltipla: força x [densidade x ângulo de ataque x espessura de corte]. As tabelas de 4.1 à 4.8 apresentam os valores de força normal e as tabelas de 4.9 à 4.16 os valores referentes à força paralela. Observa-se que as tabelas referentes à força normal não apresentam a coluna de CV (coeficiente de variação da regressão). Este valor não foi apresentado tendo em vista que a força normal, variando de positivo a negativo faz com que valor obtido para o CV não seja representativo da validade do modelo. No caso da força paralela este valor é muito importante na verificação da validade do modelo e de seu valor preditivo. Em engenharia espera-se que o valor de CV do modelo esteja abaixo de 15% para que o mesmo seja aceitável para fins de predição, dentro do intervalo de validade da regressão.

Os gráficos apresentados na figuras de 4.1 à 4.32 exemplificam o comportamento do modelo adotado em relação as valores experimentais.

Tabela 4.1: Força normal máxima em corte 90°-0° radial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÁXIMA			
Tipo de corte: CORTE 90°-0° RADIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPECIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R²(%)
Citriodora	10°	$F=0,32-3,99\exp(h)+1,02\exp(h^2)$	21,12
Saligna	10°	$F=-13,57+3,61/h$	64,11
Grandis	10°	$F=-1,82-9,36h+2,21h^2$	69,35
Citriodora	20°	$F=-2,41+2,07\exp(h)-0,41\exp(h^2)$	34,44
Saligna	20°	$F=-0,82-3,09h+1,90h^2$	16,75
Grandis	20°	$F=-2,36-1,49h$	56,20
Citriodora	30°	$F=-0,29+8,18h-1,37h^2$	91,40
Saligna	30°	$F=-1,02+4,51h$	88,07
Grandis	30°	$F=-1,65+1,50e$	49,82
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R²(%)
0,381 mm	10°	$F=-5,53+1,34d$	7,38
0,762 mm	10°	$F=-11,42+3,07d$	6,89
1,143 mm	10°	$F=-9,34+12,89d$	87,27
1,524 mm	10°	$F=5,03-58,53d+48,84d^2$	33,48
0,381 mm	20°	$F=-4,91+5,42d$	71,56
0,762 mm	20°	$F=-7,93+10,34d$	84,60
1,143 mm	20°	$F=-9,34+12,89d$	87,27
1,524 mm	20°	$F=-9,80+1412d$	84,75
0,381 mm	30°	$F=-3,68+6,93d$	88,73
0,762 mm	30°	$F=-11,67+34,89d-17,83d^2$	93,41
1,143 mm	30°	$F=-19,11+61,8d-36,16d^2$	93,28
1,524 mm	30°	$F=-20,64+68,44d-39,24d^2$	93,93
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R²(%)
$F=-16,66+9,44d+25,35\gamma+0,55h$			69,72

Tabela 4.2: Força normal máxima em corte 90°-0° tangencial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÁXIMA			
Tipo de corte: CORTE 90°-0° TANGENCIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	10°	$F=-2,78-3,35h$	35,44
Saligna	10°	$F=-13,59h+4,19h^2$	74,94
Grandis	10°	$F=-2,83-4,45h$	66,02
Citriodora	20°	$F=-1,68+3,48h$	51,09
Saligna	20°	$F=-1,16+0,03h$	0,02
Grandis	20°	$F=-1,36-0,54h$	18,85
Citriodora	30°	$F=\exp(-,45+3,54h-1,15h^2)$	80,76
Saligna	30°	$F=-0,51+3,64h$	76,50
Grandis	30°	$F=-0,93+1,94h$	45,68
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	10°	$F=-5,24+1,46d$	7,24
0,762 mm	10°	$F=3,61-36,12d+28,79d^2$	44,03
1,143 mm	10°	$F=9,21-61,62d+48,62d^2$	52,24
1,524 mm	10°	$F=8,06-62,40d+49,81d^2$	52,19
0,381 mm	20°	$F=-2,32+2,17d$	31,39
0,762 mm	20°	$F=-4,77+6,41d$	71,18
1,143 mm	20°	$F=-6,26+9,60d$	79,18
1,524 mm	20°	$F=-7,61+12,38d$	83,84
0,381 mm	30°	$F=-1,69+4,02d$	84,79
0,762 mm	30°	$F=-7,49+23,45d-10,39d^2$	75,15
1,143 mm	30°	$F=-11,19+34,58d-14,85d^2$	81,68
1,524 mm	30°	$F=-5,32+17,88d$	80,87
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F=-16,89+0,30h+7,42d+30,24\gamma$			78,38

Tabela 4.3: Força normal máxima em corte 90°-90° radial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÁXIMA			
Tipo de corte: CORTE 90°-90° RADIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	20°	$F=3,03+35,00h-14,98h^2$	97,06
Saligna	20°	$F=-5,00+4,94\exp(h)-0,94\exp(h^2)$	81,03
Grandis	20°	$F=-1,39-0,20h$	1,21
Citriodora	30°	$F=-4,32+42,22h-3,77h^2$	98,70
Saligna	30°	$F=-0,63+13,43h$	95,19
Grandis	30°	$F=-5,83+16,67h-5,65h^2$	78,16
Citriodora	40°	$F=-2,84+50,85h-3,62h^2$	97,97
Saligna	40°	$F=-3,12+28,89h-4,98h^2$	93,89
Grandis	40°	$F=-1,25+10,43h$	61,29
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	20°	$F=-8,88+17,70d$	94,19
0,762 mm	20°	$F=-15,61+34,85d$	97,93
1,143 mm	20°	$F=-24,23+55,23d$	98,83
1,524 mm	20°	$F=-28,32+64,69d$	98,33
0,381 mm	30°	$F=-15,87+45,29d-17,31d^2$	96,78
0,762 mm	30°	$F=-9,96+28,33d+11,57d^2$	97,44
1,143 mm	30°	$F=-20,84+64,63d$	98,73
1,524 mm	30°	$F=-29,91+88,16d$	98,57
0,381 mm	40°	$F=-8,25+26,31d$	96,08
0,762 mm	40°	$F=-25,28+88,96d-26,24d^2$	97,58
1,143 mm	40°	$F=-19,20+75,12d$	93,88
1,524 mm	40°	$F=-28,40+102,96d$	97,81
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F=-18,04+3,12\exp(d+\gamma+h)+1,96\exp(d^2+\gamma^2+h^2)-0,74\exp(d^3+\gamma^3+h^3)$			81,39

Tabela 4.4: Força normal máxima em corte 90°-90° tangencial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÁXIMA			
Tipo de corte: CORTE 90°-90° TANGENCIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	20°	$F=-0,81+18,90h$	77,76
Saligna	20°	$F=-1,95+5,33h$	64,51
Grandis	20°	$F=-2,43+0,84h$	12,98
Citriodora	30°	$F=-2,68+31,35h$	86,04
Saligna	30°	$F=-2,61+13,24h$	84,86
Grandis	30°	$F=-2,11+4,83h$	73,4
Citriodora	40°	$F=-3,58+39,65h$	90,98
Saligna	40°	$F=-2,43+17,11h$	85,79
Grandis	40°	$F=-2,33+7,64h$	80,42
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	20°	$F=4,21+12,65d^2$	94,75
0,762 mm	20°	$F=-16,61+33,93d$	96,60
1,143 mm	20°	$F=-23,00+50,16d$	97,15
1,524 mm	20°	$F=-27,18+60,44d$	97,04
0,381 mm	30°	$F=-8,36+19,54d$	96,44
0,762 mm	30°	$F=-16,64+42,59d$	96,19
1,143 mm	30°	$F=-23,29+63,35d$	97,48
1,524 mm	30°	$F=-29,54+83,44d$	97,33
0,381 mm	40°	$F=-8,56+22,48d$	97,25
0,762 mm	40°	$F=-16,69+48,16d$	96,89
1,143 mm	40°	$F=-25,36+75,23d$	97,68
1,524 mm	40°	$F=-32,09+99,24d$	97,70
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]+ ÂNGULO DE SAÍDA [rad]+ ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F=-14,66+1,81\exp(d+\gamma+h)+2,74\exp(d^2+\gamma^2+h^2)-0,82\exp(d^3+\gamma^3+h^3)$			78,53

Tabela 4.5: Força normal média em corte 90°-0° radial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÉDIA			
Tipo de corte: CORTE 90°-0° RADIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	10°	$F=-3,64-6,85h$	55,34
Saligna	10°	$F=-2,33-8,85h$	84,73
Grandis	10°	$F=-3,59-8,52h$	94,34
Citriodora	20°	$F=-1,15-0,35h$	2,03
Saligna	20°	$F=-1,96-1,43h$	42,73
Grandis	20°	$F=-3,04-2,49h$	79,63
Citriodora	30°	$F=-0,4+4,48h-2,10h^2$	21,65
Saligna	30°	$F=-1,28+3,97h-1,82h^2$	33,36
Grandis	30°	$F=-2,39+0,69h$	10,62
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	10°	$F=-11,60+9,19\exp(d)-7,45\exp(d^2)$	15,25
0,762 mm	10°	$F=-11,11+2,43d$	11,46
1,143 mm	10°	$F=-14,31+2,79d$	7,76
1,524 mm	10°	$F=-18,87+5,62d$	18,83
0,381 mm	20°	$F=-9,75+18,73d-10,21d^2$	77,71
0,762 mm	20°	$F=-10,33+15,04d-4,92d^2$	84,65
1,143 mm	20°	$F=-10,15+10,69d$	88,64
1,524 mm	20°	$F=-10,84+11,08d$	87,36
0,381 mm	30°	$F=-11,17+29,45d-17,57d^2$	84,12
0,762 mm	30°	$F=-14,36+41,28d-25,87d^2$	85,82
1,143 mm	30°	$F=-12,20+34,48d-20,60d^2$	81,60
1,524 mm	30°	$F=-9,39+26,21d-15,56d^2$	63,49
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]+ ÂNGULO DE SAÍDA [rad]+ ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F=-27,84+18,90d+81,69\gamma-2,90h-9,62d^2-71,90\gamma^2$			84,51

Tabela 4.6: Força normal média em corte 90°-0° tangencial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÉDIA			
Tipo de corte: CORTE 90°-0° TANGENCIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPECIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	10°	F=-3,34-5,38h	58,89
Saligna	10°	F=-2,61-8,53h	87,60
Grandis	10°	F=-3,28-6,17h	81,77
Citriodora	20°	F=-2,19+1,92h	24,19
Saligna	20°	F=-1,26-1,06h	20,65
Grandis	20°	F=-1,63-1,32h	47,65
Citriodora	30°	F=-0,82+3,33h	34,36
Saligna	30°	F=0,03+1,11h	45,21
Grandis	30°	F=-0,89+0,55h	5,09
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	α	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	10°	F=-6,15+0,97d	3,07
0,762 mm	10°	F=0,48-30,54d+24,03d ²	30,12
1,143 mm	10°	F=6,88-61,44d+47,82d ²	53,58
1,524 mm	10°	F=9,60-79,47d+62,24d ²	64,21
0,381 mm	20°	F=-2,29+0,94d	6,41
0,762 mm	20°	F=-4,80+4,66d	51,03
1,143 mm	20°	F=-6,40+7,24d	67,87
1,524 mm	20°	F=-7,73+9,31d	72,35
0,381 mm	30°	F=-7,66+23,06d-15,83d ²	29,08
0,762 mm	30°	F=10 ^(-10,51-28,23d-17,39d²)	59,21
1,143 mm	30°	F=10 ^(-6,00-15,76d-8,65d²)	67,71
1,524 mm	30°	F=-3,62+8,72d	51,75
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]+ ÂNGULO DE SAÍDA [rad]+ ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
F=-19,00-8,58d+84,36 γ -1,73h+9,71d ² -77,85 γ ²			82,31

Tabela 4.7: Força normal média em corte 90°-90° radial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÉDIA			
Tipo de corte: CORTE 90°-90° RADIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	20°	$F=1,89+19,06h^2-4,44h^4$	96,3
Saligna	20°	$F=-3,66+8,30h-2,56h^2$	73,82
Grandis	20°	$F=-1,92-2,36h$	33,75
Citriodora	30°	$F=-4,96+34,73e-4,08h^2$	99,17
Saligna	30°	$F=-1,96+9,93h$	96,38
Grandis	30°	$F=-4,92+9,68h-3,59h^2$	34,44
Citriodora	40°	$F=-3,26+41,64h-4,37h^2$	98,27
Saligna	40°	$F=-3,63+21,36h-3,28h^2$	96,15
Grandis	40°	$F=-1,76+6,65h$	42,16
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	20°	$F=-8,91+14,61d$	94,98
0,762 mm	20°	$F=-15,93+29,81d$	96,70
1,143 mm	20°	$F=-23,72+46,67d$	98,61
1,524 mm	20°	$F=-27,77+54,33d$	98,41
0,381 mm	30°	$F=-13,10+32,12d-10,41d^2$	97,31
0,762 mm	30°	$F=-15,27+37,45d$	98,07
1,143 mm	30°	$F=-20,86+54,40d$	98,78
1,524 mm	30°	$F=-28,15+72,56d$	98,63
0,381 mm	40°	$F=-8,40+21,94d$	97,39
0,762 mm	40°	$F=-14,96+45,27d$	98,51
1,143 mm	40°	$F=-18,19+61,12d$	92,05
1,524 mm	40°	$F=-25,74+82,75d$	98,99
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F=-48,81+44,91d+36,15\gamma+12,42h$			84,31

Tabela 4.8: Força normal média em corte 90°-90° tangencial

Tipo de força: FORÇA NORMAL MÉDIA			
Tipo de corte: CORTE 90-90 TANGENCIAL			
FORÇA x ESPESSURA [mm]			
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
Citriodora	20°	$F = \exp(-0,68 + 6,06h - 2,73h^2)$	72,66
Saligna	20°	$F = -2,75 + 4,04h$	64,35
Grandis	20°	$F = -2,70 - 0,46h$	3,03
Citriodora	30°	$F = \exp(0,67 + 3,58h - 1,12h^2)$	90,07
Saligna	30°	$F = -3,03 + 10,94h$	83,96
Grandis	30°	$F = -2,37 + 3,53h$	58,43
Citriodora	40°	$F = \exp(1,02 + 3,36h - 1,02h^2)$	93,57
Saligna	40°	$F = -2,70 + 14,11h$	86,70
Grandis	40°	$F = -2,46 + 6,11h$	72,29
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]			
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)
0,381 mm	20°	$F = -4,59 + 10,35d^2$	95,57
0,762 mm	20°	$F = -6,69 + 21,23d^2$	97,20
1,143 mm	20°	$F = -21,05 + 41,66d$	96,63
1,524 mm	20°	$F = -24,14 + 49,25d$	97,73
0,381 mm	30°	$F = -7,63 + 16,00d$	96,75
0,762 mm	30°	$F = -14,54 + 34,85d$	97,04
1,143 mm	30°	$F = -20,53 + 52,79d$	98,02
1,524 mm	30°	$F = -24,46 + 66,82d$	97,21
0,381 mm	40°	$F = -7,51 + 18,13d$	97,95
0,762 mm	40°	$F = 10^{(-6,76 - 23,26d - 13,65d^2)}$	92,06
1,143 mm	40°	$F = -20,85 + 60,28d$	97,42
1,524 mm	40°	$F = -26,12 + 79,49d$	97,92
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]			
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)
$F = -10,97 + 2,17(d + \gamma + h)$			71,4

Tabela 4.9: Força paralela máxima em corte 90°-0° radial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÁXIMA				
Tipo de corte: CORTE 90-0 RADIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
Citriodora	10°	$F=\exp(2,79+2,10h-0,52h^2)$	96,42	2,30
Saligna	10°	$F=\exp(2,25+2,48h-0,70h^2)$	95,67	2,60
Grandis	10°	$F=\exp(2,06+2,34h-0,66h^2)$	95,23	2,72
Citriodora	20°	$F=\exp(2,59+2,14h-0,61h^2)$	94,07	2,46
Saligna	20°	$F=\exp(2,10+2,45h-0,68h^2)$	96,73	2,72
Grandis	20°	$F=\exp(1,78+2,43h-0,70h^2)$	96,76	2,90
Citriodora	30°	$F=\exp(2,43+1,67h-0,36h^2)$	88,73	3,81
Saligna	30°	$F=\exp(1,99+2,30h-0,64h^2)$	96,71	2,87
Grandis	30°	$F=1,06+23,06h$	95,06	9,62
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
0,381 mm	10°	$F=\exp(2,34+1,27d)$	86,8	3,17
0,762 mm	10°	$F=\exp(2,33+3,47d-1,67d^2)$	88,58	2,65
1,143 mm	10°	$F=\exp(2,60+3,86d-1,97d^2)$	87,03	2,40
1,524 mm	10°	$F=-16,65+218,18d-73,93d^2$	91,21	9,14
0,381 mm	20°	$F=\exp(1,38+3,70d-1,73d^2)$	89,23	3,39
0,762 mm	20°	$F=\exp(1,83+4,53d-2,49d^2)$	89,65	2,79
1,143 mm	20°	$F=\exp(2,01+5,19d-3,01d^2)$	89,69	2,54
1,524 mm	20°	$F=\exp(0,53+10,24d-6,49d^2)$	94,52	2,43
0,381 mm	30°	$F=-16,68+86,56d-50,56d^2$	89,63	9,25
0,762 mm	30°	$F=\exp(0,73+7,37d-4,73d^2)$	82,75	3,05
1,143 mm	30°	$F=\exp(1,00+7,84d-5,17d^2)$	85,65	2,74
1,524 mm	30°	$F=\exp(1,46+7,10d-4,57d^2)$	74,80	3,62
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F=\exp(0,57+5,20d+2,30h-0,54\gamma-3,02d^2-0,63h^2-1,30\gamma^2)$			96,2	2,75

Tabela 4.10: Força paralela máxima em corte 90°-0° tangencial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÁXIMA				
Tipo de corte: CORTE 90°-0° TANGENCIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
Citriodora	10°	$F = \exp(2,56 + 2,28h - 0,62h^2)$	96,52	2,20
Saligna	10°	$F = \exp(2,32 + 2,17h - 0,54h^2)$	92,86	3,63
Grandis	10°	$F = \exp(2,07 + 1,94h - 0,48h^2)$	97,51	2,79
Citriodora	20°	$F = \exp(2,40 + 2,36h - 0,69h^2)$	96,27	2,29
Saligna	20°	$F = \exp(2,00 + 2,50h - 0,70h^2)$	96,36	2,77
Grandis	20°	$F = \exp(1,80 + 2,22h - 0,60h^2)$	94,85	3,05
Citriodora	30°	$F = \exp(2,37 + 2,07h - 0,62h^2)$	92,73	2,73
Saligna	30°	$F = \exp(1,87 + 2,34h - 0,68h^2)$	96,73	2,49
Grandis	30°	$F = \exp(1,61 + 2,18h - 0,61h^2)$	97,97	2,09
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO	R ²	CV _{REG} (%)
0,381 mm	10°	$F = -14,35 + 92,67d - 50,33d^2$	76,32	13,47
0,762 mm	10°	$F = -32,20 + 182,50d - 97,40d^2$	82,71	12,47
1,143 mm	10°	$F = -67,72 + 337,26d - 196,41d^2$	87,21	10,37
1,524 mm	10°	$F = -96,32 + 468,95d - 277,92d^2$	86,51	10,65
0,381 mm	20°	$F = 3,66d - 2,10d^2$	81,10	12,81
0,762 mm	20°	$F = -21,52 + 138,08d - 97,40d^2$	89,37	9,06
1,143 mm	20°	$F = -40,68 + 238,09d - 133,62d^2$	86,82	9,61
1,524 mm	20°	$F = -55,55 + 325,30d - 191,38d^2$	83,10	10,20
0,381 mm	30°	$F = 1,49 + 22,17d$	93,82	7,70
0,762 mm	30°	$F = -13,93 + 97,40d - 44,92d^2$	89,82	9,43
1,143 mm	30°	$F = -17,61 + 136,43d - 68,35d^2$	81,19	11,76
1,524 mm	30°	$F = -30,42 + 201,60d - 111,68d^2$	76,58	12,75
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO			R ²	CV _{REG} (%)
$F = \exp(1,76 + 1,21d + 2,22h - 1,16\gamma - 0,61h^2)$			93,86	3,96

Tabela 4.11: Força paralela máxima em corte 90°-90° radial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÁXIMA				
Tipo de corte: CORTE 90°-90° RADIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
Citriodora	20°	$F = -3,44 + 210,28h - 46,37h^2$	97,88	5,37
Saligna	20°	$F = 7,48 + 87,46h$	98,19	5,64
Grandis	20°	$F = \exp(2,31 + 3,08h - 1,71h^2 + 0,42h^3)$	97,85	1,79
Citriodora	30°	$F = 4,36 + 122,96h$	99,06	4,25
Saligna	30°	$F = \exp(2,19 + 4,70h - 3,73h^2 + 1,16h^3)$	98,58	1,30
Grandis	30°	$F = \exp(2,10 + 3,26h - 1,81h^2 + 0,40h^3)$	98,48	1,48
Citriodora	40°	$F = 6,29 + 103,75h$	98,42	5,39
Saligna	40°	$F = \exp(1,97 + 4,68h - 3,40h^2 + 0,94h^3)$	97,51	1,76
Grandis	40°	$F = \exp(2,11 + 2,20h - 0,60h^2)$	96,40	2,82
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
0,381 mm	20°	$F = \exp(1,80 + 4,33d - 1,82d^2)$	95,60	2,68
0,762 mm	20°	$F = \exp(2,09 + 5,38d - 2,56d^2)$	97,45	1,63
1,143 mm	20°	$F = -70,46 + 397,4d - 140,45d^2$	98,68	4,47
1,524 mm	20°	$F = \exp(2,76 + 5,46d - 2,89d^2)$	97,72	1,11
0,381 mm	30°	$F = \exp(0,92 + 6,47d - 3,53d^2)$	96,87	2,03
0,762 mm	30°	$F = \exp(1,59 + 6,38d - 3,37d^2)$	97,68	1,54
1,143 mm	30°	$F = -15,90 + 172,37d$	98,29	5,32
1,524 mm	30°	$F = -127,54 + 579,65d - 251,07d^2$	98,98	4,24
0,381 mm	40°	$F = \exp(1,11 + 5,38d - 2,65d^2)$	96,41	2,33
0,762 mm	40°	$F = -48,02 + 233,06d - 95,09d^2$	96,87	7,28
1,143 mm	40°	$F = -15,58 + 153,33d$	98,35	6,62
1,524 mm	40°	$F = \exp(2,35 + 5,17d - 2,38d^2)$	97,64	1,55
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F = \exp(1,23 + 5,82d - 2,18\gamma + 2,26h - 2,95d^2 + 1,03\gamma^2 - 0,63h^2)$			98,61	1,84

Tabela 4.12: Força paralela máxima em corte 90°-90° tangencial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÁXIMA				
Tipo de corte: CORTE 90°-90° TANGENCIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
Citriodora	20°	$F = -10,84 + 202,13h - 31,28h^2$	94,77	9,87
Saligna	20°	$F = \exp(2,74 + 2,13h - 0,51h^2)$	83,05	5,29
Grandis	20°	$F = \exp(2,43 + 1,94h - 0,45h^2)$	93,98	2,64
Citriodora	30°	$F = \exp(2,89 + 2,69h - 0,78h^2)$	95,96	2,17
Saligna	30°	$F = \exp(2,17 + 3,15h - 0,94h^2)$	87,72	5,39
Grandis	30°	$F = \exp(2,35 + 1,83h - 0,42h^2)$	95,73	2,75
Citriodora	40°	$F = \exp(2,66 + 2,73h - 0,81h^2)$	96,17	2,28
Saligna	40°	$F = \exp(2,42 + 1,77h - 0,34h^2)$	95,10	2,67
Grandis	40°	$F = \exp(2,28 + 1,68h - 0,38h^2)$	95,38	2,88
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
0,381 mm	20°	$F = \exp(1,72 + 3,81d - 1,25d^2)$	96,79	2,81
0,762 mm	20°	$F = \exp(2,04 + 4,57d - 1,64d^2)$	85,30	4,77
1,143 mm	20°	$F = \exp(1,89 + 6,36d - 2,96d^2)$	94,16	3,09
1,524 mm	20°	$F = \exp(2,32 + 6,09d - 2,93d^2)$	93,46	2,06
0,381 mm	30°	$F = \exp(2,26 + 1,71d)$	96,70	1,90
0,762 mm	30°	$F = \exp(1,99 + 4,31d - 1,66d^2)$	97,24	2,52
1,143 mm	30°	$F = -31,44 + 189,34d$	97,59	7,10
1,524 mm	30°	$F = \exp(2,92 + 3,34d - 0,91d^2)$	97,23	1,53
0,381 mm	40°	$F = 12,35 + 29,30d^2$	96,82	6,00
0,762 mm	40°	$F = -14,93 + 96,66d$	94,34	10,73
1,143 mm	40°	$F = \exp(2,33 + 3,78d - 1,26d^2)$	97,53	1,70
1,524 mm	40°	$F = \exp(2,42 + 4,39d - 1,73d^2)$	97,21	5,06
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F = \exp(2,15 + 2,23h - 1,23\gamma + 4,94d^2 - 0,59h^2 - 3,23\gamma^2)$			97,25	2,45

Tabela 4.13: Força paralela média em corte 90°-0° radial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÉDIA				
Tipo de corte: CORTE 90°-0° RADIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
Citriodora	10°	$F=\exp(2,66+2,19h-0,64h^2)$	91,11	3,49
Saligna	10°	$F=\exp(0,67+9,03h-9,25h^2+3,18h^3)$	94,34	2,78
Grandis	10°	$F=\exp(1,93+2,24h-0,62h^2)$	95,44	2,96
Citriodora	20°	$F=\exp(2,79+1,10h-0,40h^2)$	33,7	6,48
Saligna	20°	$F=\exp(1,95+2,51h-0,80h^2)$	95,6	2,88
Grandis	20°	$F=\exp(1,19+4,34h-3,03h^2+0,83h^3)$	96,96	3,16
Citriodora	30°	$F=\exp(2,27+0,67h-0,11h^2)$	52,41	7,14
Saligna	30°	$F=\exp(0,80+7,04h-7,14h^2+2,18h^3)$	42,64	6,28
Grandis	30°	$F=\exp(1,35+2,43h-0,75h^2)$	92,22	4,96
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
0,381 mm	10°	$F=\exp(0,67+7,26d-5,71d^2)$	69,10	5,20
0,762 mm	10°	$F=\exp(2,03+3,85d-1,89d^2)$	89,61	2,76
1,143 mm	10°	$F=\exp(2,54+3,35d-1,56d^2)$	84,94	2,52
1,524 mm	10°	$F=\exp(2,55+4,22d-2,28d^2)$	74,01	3,37
0,381 mm	20°	$F=\exp(0,95+4,69d-2,53d^2)$	85,27	3,58
0,762 mm	20°	$F=\exp(1,24+6,22d-4,13d^2)$	61,99	4,23
1,143 mm	20°	$F=\exp(1,19+7,89d-5,91d^2)$	53,13	3,99
1,524 mm	20°	$F=\exp(1,92+6,34d-4,48d^2)$	56,88	3,79
0,381 mm	30°	$F=\exp(-0,21+8,05d-5,53d^2)$	64,44	5,84
0,762 mm	30°	$F=\exp(1,3+5,35d-4,15d^2)$	38,45	6,12
1,143 mm	30°	$F=\exp(4,96-6,35d+4,48d^2)$	33,97	6,80
1,524 mm	30°	$F=\exp(7,01-12,90d+9,32d^2)$	66,00	6,64
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)-
$F=\exp(1,18+3,16d+0,70\gamma+2,35h-2,07d^2-4,39\gamma^2-0,79h^2)$			77,88	8,68

Tabela 4.14: Força paralela média em corte 90°-0° tangencial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÉDIA				
Tipo de corte: CORTE 90°-0° TANGENCIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
Citriodora	10°	$F=\exp(2,09+3,68h-2,29h^2+0,57h^3)$	95,21	2,56
Saligna	10°	$F=5,33+38,01h$	92,13	11,54
Grandis	10°	$F=\exp(1,97+1,87h-0,45h^2)$	95,08	3,08
Citriodora	20°	$F=\exp(1,80+4,23h-3,00h^2+0,76h^3)$	86,10	4,73
Saligna	20°	$F=\exp(1,84+2,69h-0,95h^2)$	92,46	2,97
Grandis	20°	$F=\exp(1,69+2,18h-0,61h^2)$	93,65	3,24
Citriodora	30°	$F=\exp(2,66+0,53h)$	41,66	8,37
Saligna	30°	$F=\exp(1,44+3,95h-3,28h^2+0,95h^3)$	87,56	3,40
Grandis	30°	$F=\exp(1,55+1,98h-0,75h^2)$	85,71	3,82
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)-
0,381 mm	10°	$F=\exp(0,91+5,38d-3,15d^2)$	80,9	3,42
0,762 mm	10°	$F=\exp(1,28+5,87d-3,38d^2)$	84,86	2,87
1,143 mm	10°	$F=\exp(1,38+6,77d-4,06d^2)$	89,99	2,59
1,524 mm	10°	$F=\exp(1,55+1,98d-0,75d^2)$	89,88	2,18
0,381 mm	20°	$F=\exp(0,93+4,61d-2,53d^2)$	78,02	5,20
0,762 mm	20°	$F=\exp(1,24+5,60d-3,25d^2)$	86,23	2,99
1,143 mm	20°	$F=\exp(1,73+5,16d-3,05d^2)$	76,04	3,89
1,524 mm	20°	$F=\exp(5,66-12,71d+23,92d^2-13,02d^3)$	64,28	4,55
0,381 mm	30°	$F=\exp(0,83+4,28d-2,34d^2)$	86,22	3,81
0,762 mm	30°	$F=\exp(1,50+3,63d-1,96d^2)$	63,02	5,91
1,143 mm	30°	$F=\exp(2,45+0,98d)$	50,54	6,51
1,524 mm	30°	$F=\exp(2,49+1,04d)$	45,37	7,80
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F=\exp(0,46+4,79d+2,09h+0,92\gamma-2,71d^2-0,66h^2+4,13\gamma^2)$			90,43	5,26

Tabela 4.15: Força paralela média em corte 90°-90° radial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÉDIA				
Tipo de corte: CORTE 90°-90° RADIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
Citriodora	20°	$F=-4,76+173,35h-36,56h^2$	98,27	5,00
Saligna	20°	$F=\exp(2,30+3,64h-2,02h^2+0,46h^3)$	99,08	4,12
Grandis	20°	$F=\exp(2,10+2,92h-1,47h^2+0,33h^3)$	98,59	1,69
Citriodora	30°	$F=-49,86+85,17\exp(h)-33,19\exp(h^2)+4,46\exp(h^3)$	99,41	3,42
Saligna	30°	$F=-27,94+51,60\exp(h)-22,22\exp(h^2)+3,39\exp(h^3)$	98,76	5,18
Grandis	30°	$F=-13,44+26,42\exp(h)-8,48\exp(h^2)+0,94\exp(h^3)$	99,08	3,88
Citriodora	40°	$F=-40,11+69,69\exp(h)-24,68\exp(h^2)+2,69\exp(h^3)$	99,29	3,60
Saligna	40°	$F=\exp(1,65+4,68h-3,27h^2+0,88h^3)$	98,57	1,58
Grandis	40°	$F=\exp(1,89+2,11h-0,56h^2)$	98,69	1,66
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
0,381 mm	20°	$F=\exp(1,63+4,02d-1,54d^2)$	97,70	1,82
0,762 mm	20°	$F=\exp(1,76+5,69d-2,75d^2)$	98,47	1,33
1,143 mm	20°	$F=\exp(2,03+6,20d-3,25d^2)$	99,20	0,70
1,524 mm	20°	$F=\exp(2,35+6,21d-3,43d^2)$	98,20	0,94
0,381 mm	30°	$F=\exp(1,06+5,38d-2,70d^2)$	98,38	1,38
0,762 mm	30°	$F=\exp(1,46+6,10d-3,12d^2)$	98,18	1,41
1,143 mm	30°	$F=\exp(1,99+5,35d-2,57d^2)$	99,29	0,75
1,524 mm	30°	$F=\exp(1,34+8,47d-4,82d^2)$	99,37	0,73
0,381 mm	40°	$F=\exp(1,25+3,99d-1,56d^2)$	98,57	1,78
0,762 mm	40°	$F=\exp(1,05+6,65d-3,44d^2)$	98,51	1,48
1,143 mm	40°	$F=\exp(1,69+5,74d-2,79d^2)$	99,13	1,10
1,524 mm	40°	$F=\exp(1,84+6,07d-3,01d^2)$	99,13	1,03
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F=\exp(0,99+5,82d-2,22\gamma+2,29h-2,92d^2+0,98\gamma^2-0,36h^3)$			99,08	1,58

Tabela 4.16: Força paralela média em corte 90°-90° tangencial

Tipo de força: FORÇA PARALELA MÉDIA				
Tipo de corte: CORTE 90-90 TANGENCIAL				
FORÇA x ESPESSURA [mm]				
ESPÉCIE	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
Citriodora	20°	$F = -14,43 + 181,11h - 29,54h^2$	95,79	9,05
Saligna	20°	$F = \exp(2,57 + 2,17h - 0,51h^2)$	84,54	5,47
Grandis	20°	$F = \exp(1,90 + 3,66h - 2,44h^2 + 0,68h^3)$	94,42	2,72
Citriodora	30°	$F = \exp(2,70 + 2,72h - 0,79h^2)$	96,85	2,26
Saligna	30°	$F = \exp(2,17 + 2,63h - 0,79h^2)$	94,80	2,62
Grandis	30°	$F = \exp(2,25 + 1,79h - 0,40h^2)$	94,93	2,85
Citriodora	40°	$F = \exp(2,45 + 2,80h - 0,84h^2)$	96,42	2,38
Saligna	40°	$F = \exp(4,68 - 7,63h + 8,68h^2 - 2,63h^3)$	95,87	3,11
Grandis	40°	$F = \exp(2,18 + 1,62h - 0,36h^2)$	94,00	3,00
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³]				
ESPESSURA	γ	EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]	R ² (%)	CV _{REG} (%)
0,381 mm	20°	$F = \exp(1,07 + 5,25d - 2,30d^2)$	95,25	2,84
0,762 mm	20°	$F = 10^{(2,64 + 2,25d)}$	83,52	0,31
1,143 mm	20°	$F = -39,42 + 215,56d$	95,86	9,73
1,524 mm	20°	$F = -96,02 + 455,90d - 150,29d^2$	94,98	9,79
0,381 mm	30°	$F = \exp(2,19 + 1,59d)$	95,99	1,99
0,762 mm	30°	$F = \exp(1,95 + 4,06d - 1,56d^2)$	96,61	2,03
1,143 mm	30°	$F = -23,95 + 157,64d$	97,52	6,98
1,524 mm	30°	$F = \exp(2,77 + 3,44d - 1,04d^2)$	96,77	1,73
0,381 mm	40°	$F = 11,20 + 22,83d^2$	96,34	5,98
0,762 mm	40°	$F = 13,17 + 59,03d^2$	94,44	10,49
1,143 mm	40°	$F = \exp(2,15 + 3,90d - 1,40d^2)$	97,08	1,77
1,524 mm	40°	$F = -20,17 + 154,58d$	97,01	6,30
FORÇA x DENSIDADE BÁSICA [g/cm ³] + ÂNGULO DE SAÍDA [rad] + ESPESSURA [mm]				
EQUAÇÃO de FORÇA [N/mm]			R ² (%)	CV _{REG} (%)
$F = \exp(1,28 + 3,79d - 1,27\gamma + 2,31h - 1,35d^2 - 0,62h^2)$			96,98	2,54

A seguir, são apresentados alguns gráficos que exemplificam o comportamento dos modelos gerados através das regressões com relação aos dados experimentais:

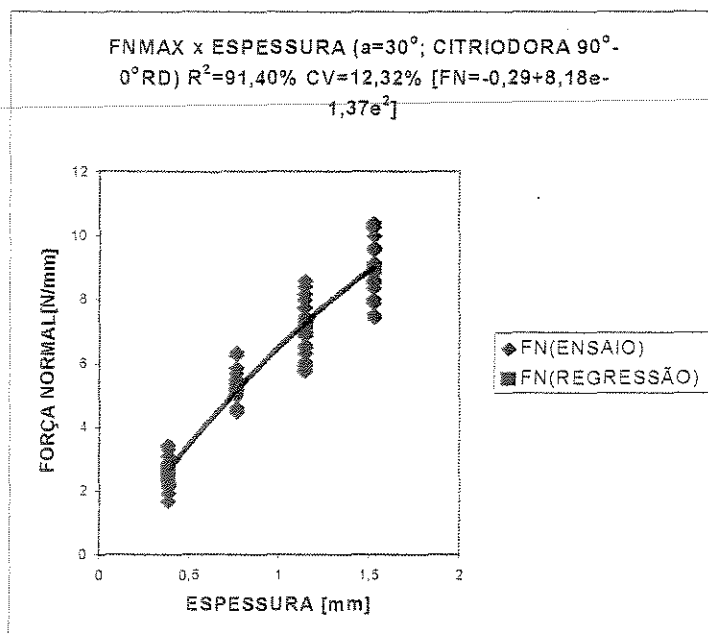


Figura 4.1 - FNMAX x ESPESSURA – $90^\circ-0^\circ$ radial

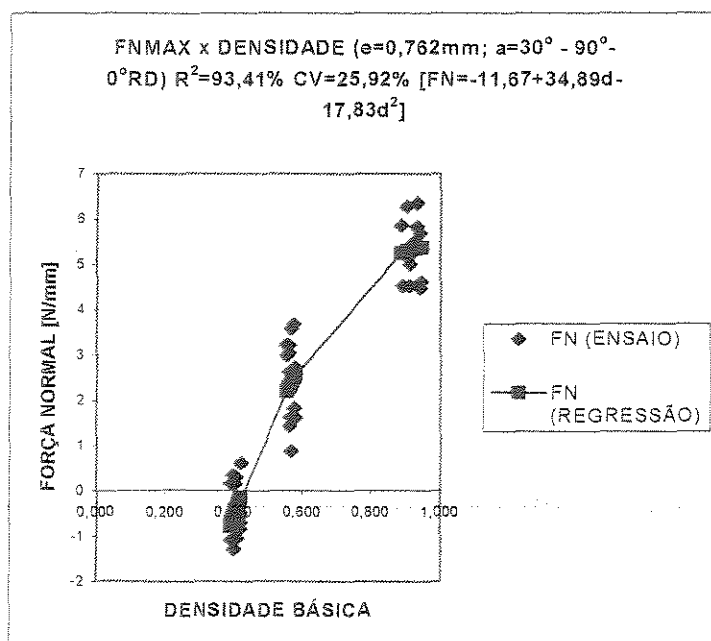


Figura 4.2 - FNMAX x DENSIDADE BÁSICA – $90^\circ-0^\circ$ radial

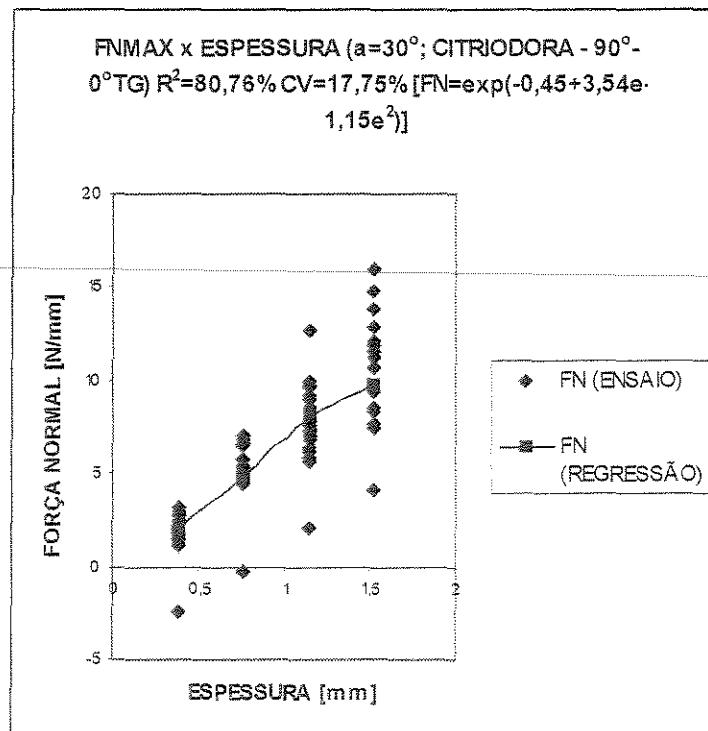


Figura 4.3 - FNMAX x ESPESSURA – 90° - 0° tangencial

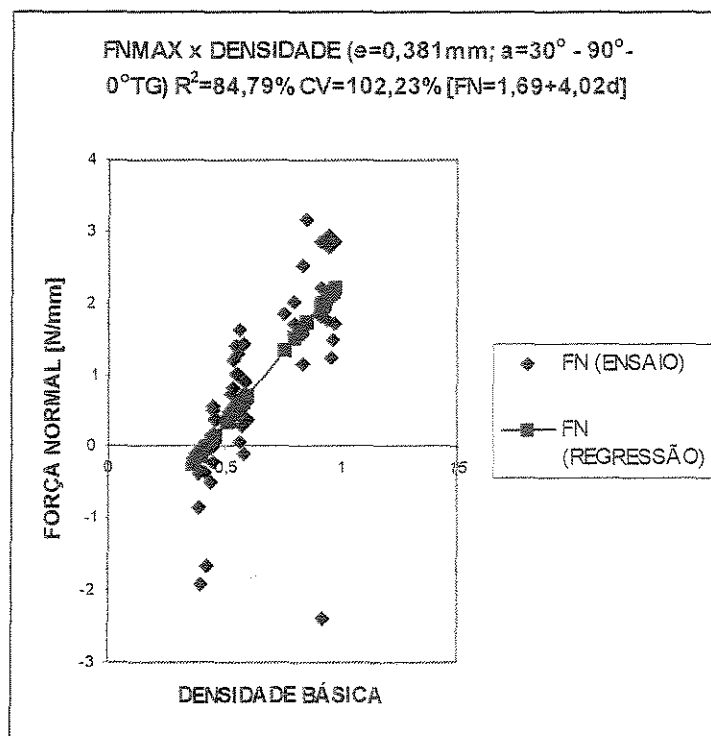


Figura 4.4 - FNMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 0° tangencial

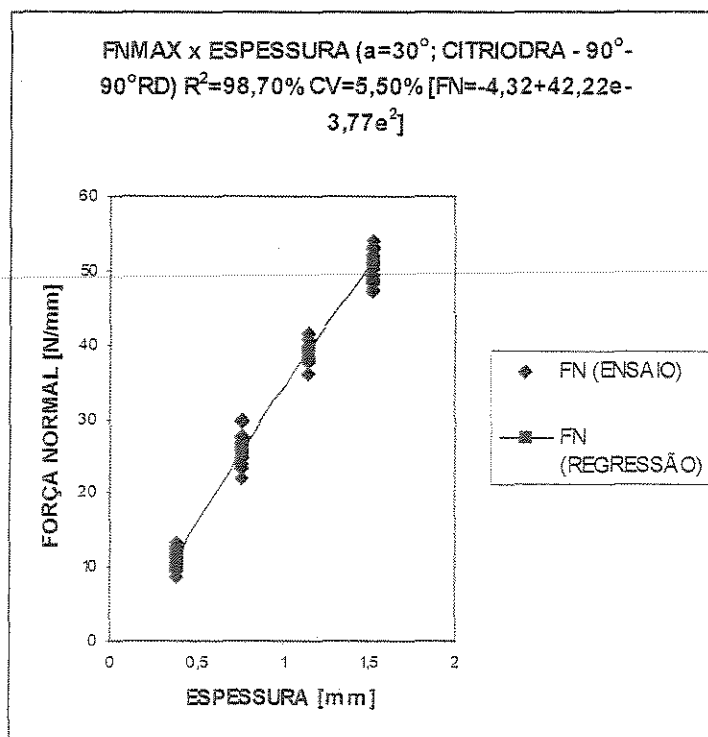


Figura 4.5 - FNMAX x ESPESSURA – 90° - 90° radial

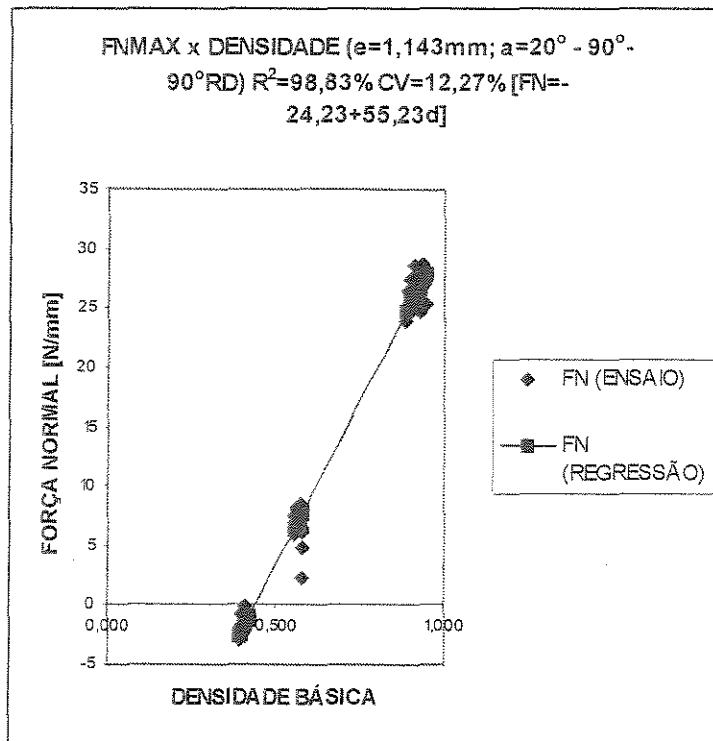


Figura 4.6 - FNMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° radial

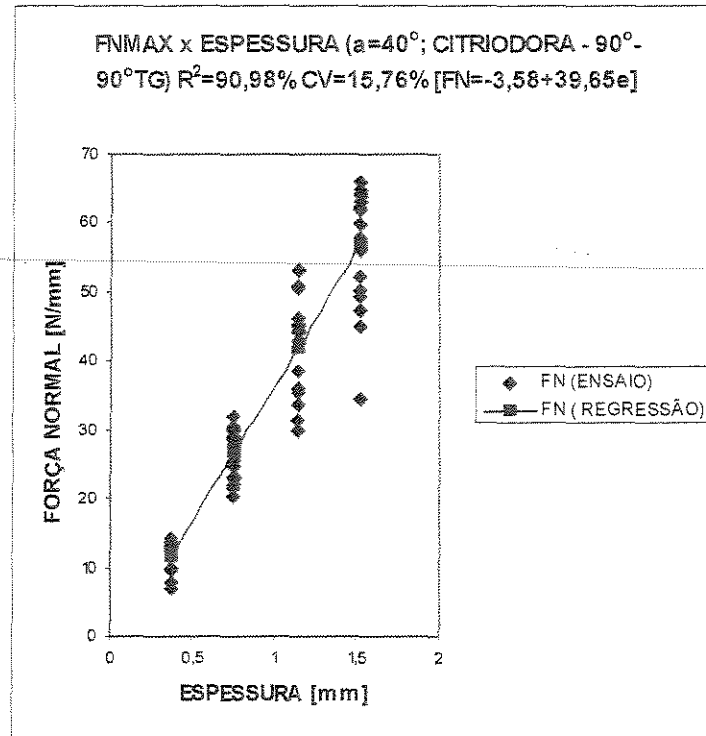


Figura 4.7 - FNMAX x ESPESSURA – 90°-90° tangencial

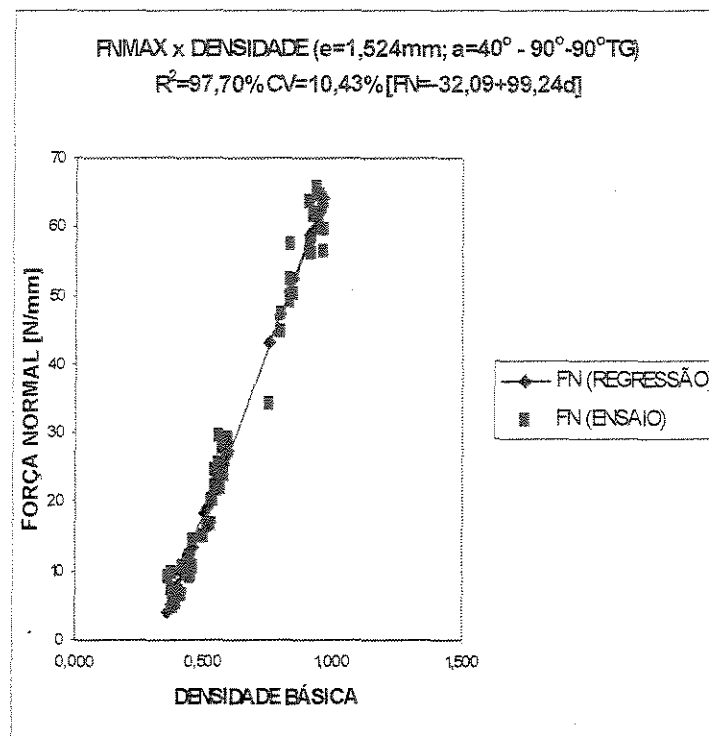


Figura 4.8 - FNMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90°-90° tangencial

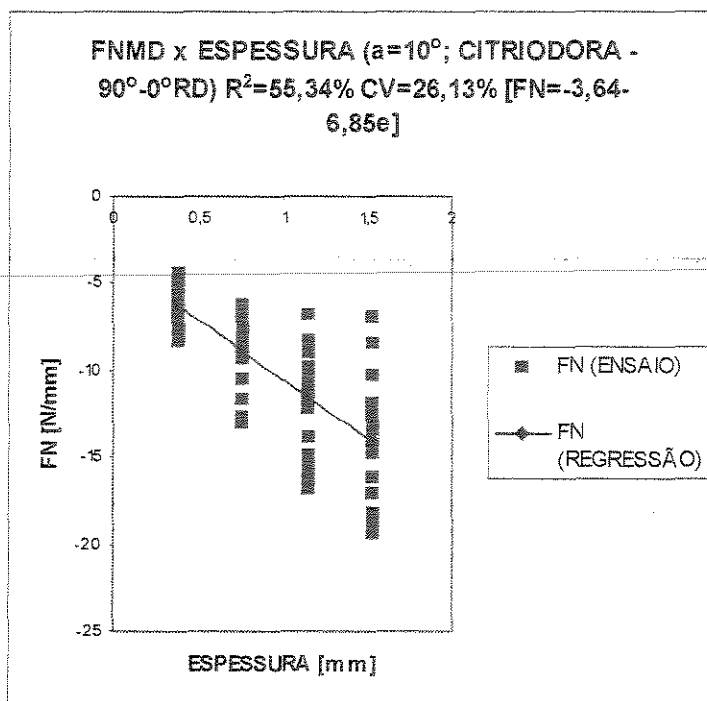


Figura 4.9 - FNMD x ESPESSURA – $90^\circ-0^\circ$ radial

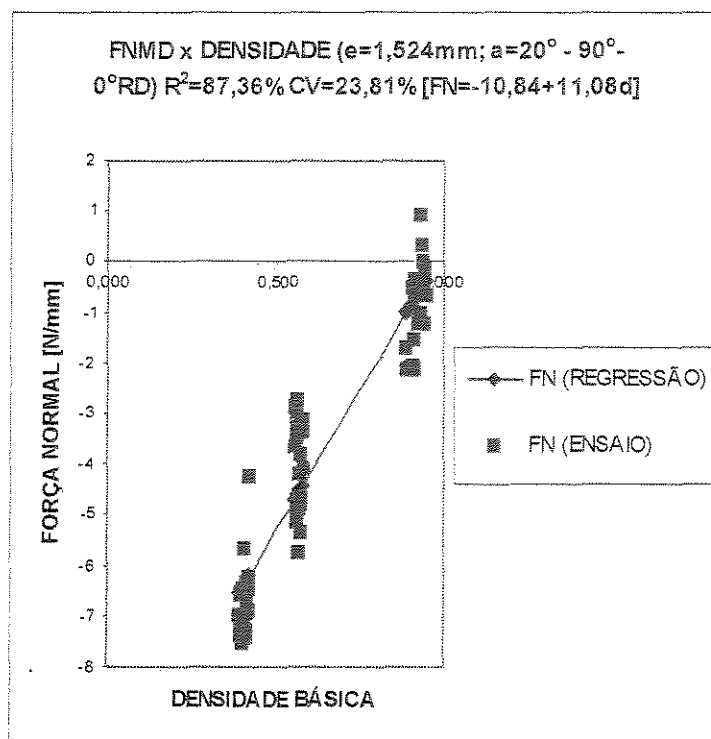


Figura 4.10 - FNMD x DENSIDADE BÁSICA – $90^\circ-0^\circ$ radial

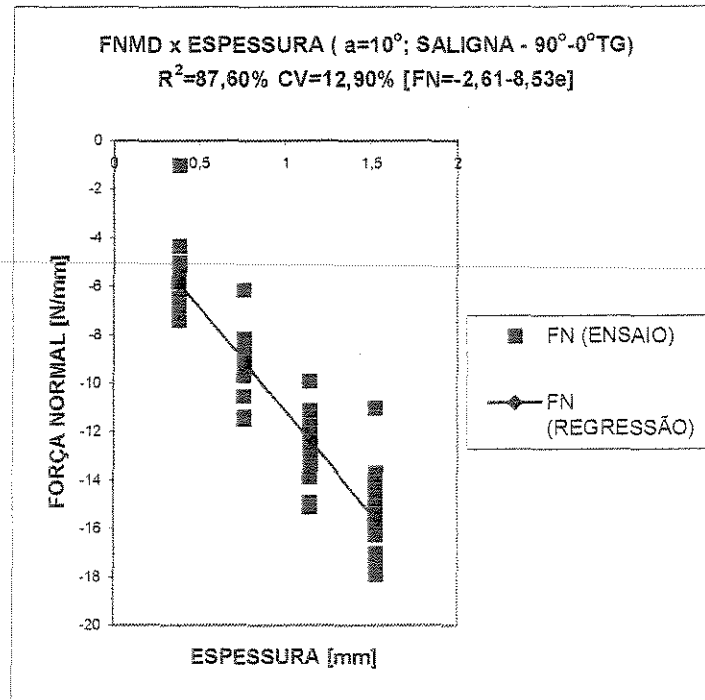


Figura 4.11 - FNMD x ESPESSURA – $90^\circ-0^\circ$ tangencial

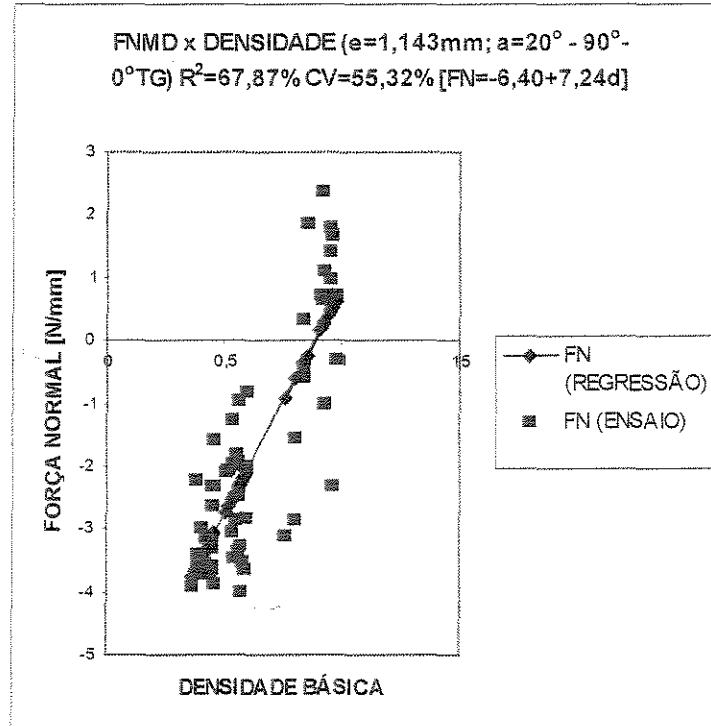


Figura 4.12 - FNMD x DENSIDADE BÁSICA – $90^\circ-0^\circ$ tangencial

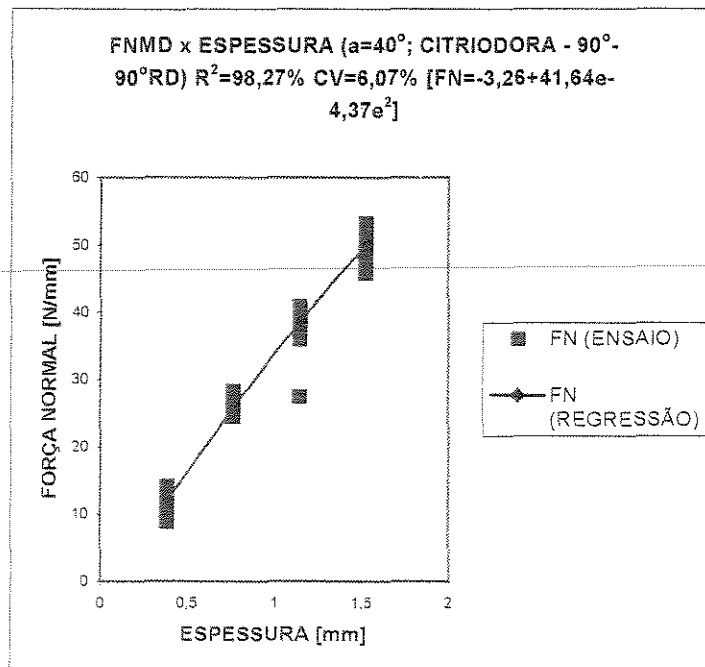


Figura 4.13 - FNMD x ESPESSURA – 90° - 90° radial

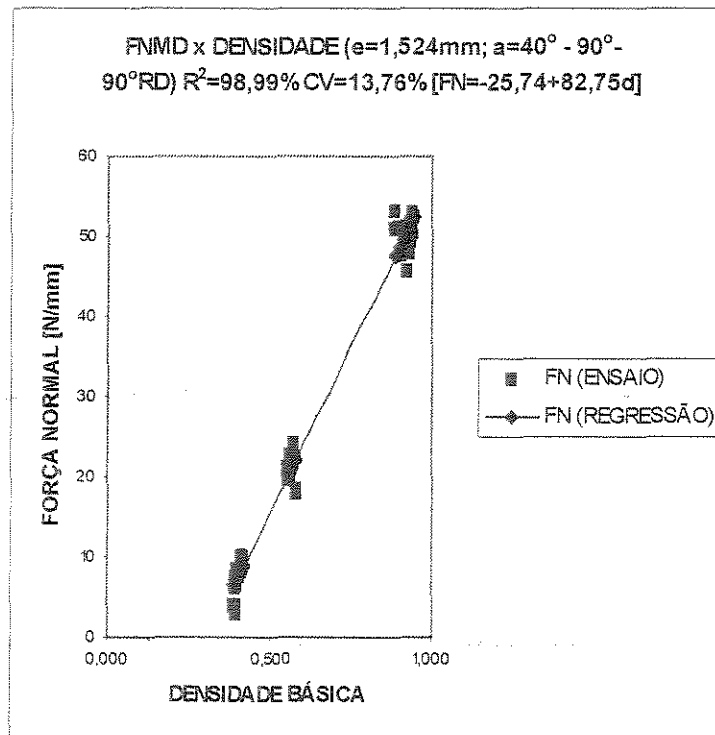


Figura 4.14 - FNMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° radial

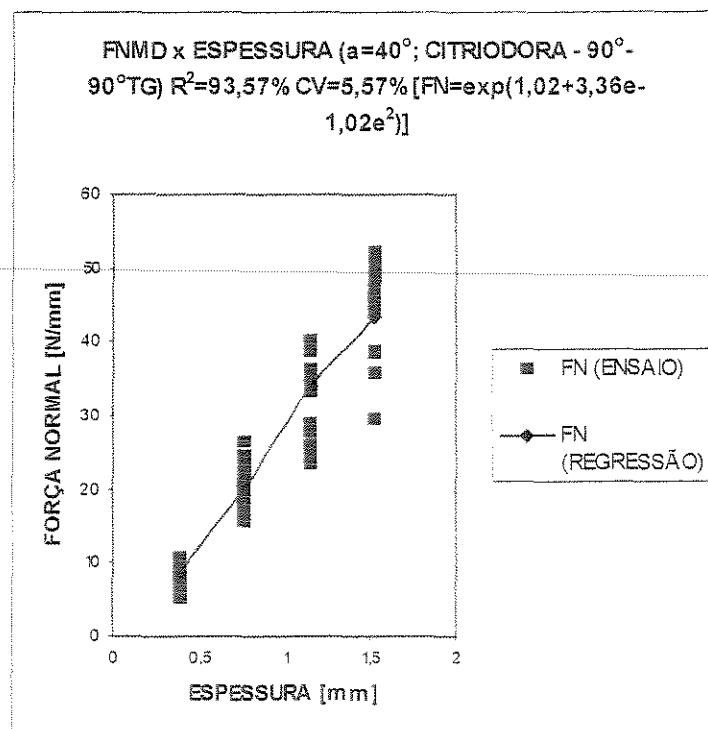


Figura 4.15 - FNMD x ESPESSURA – 90° - 90° tangencial

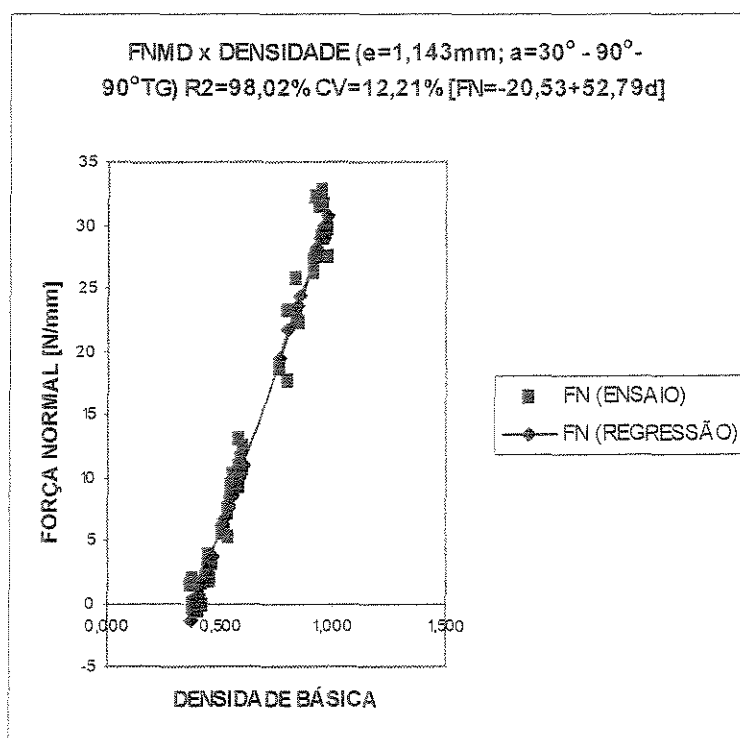


Figura 4.16 - FNMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° tangencial

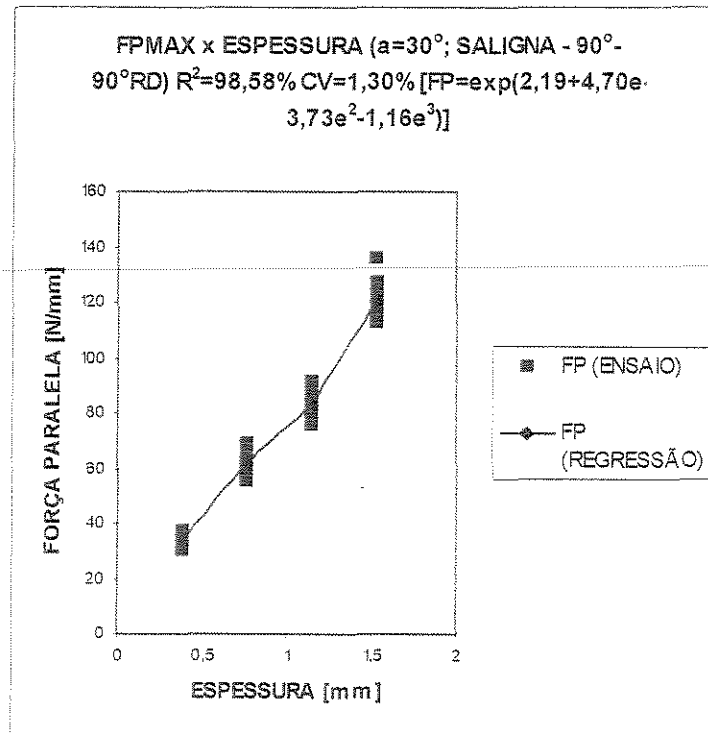


Figura 4.17 - FPMAX x ESPESSURA – 90° - 0° radial

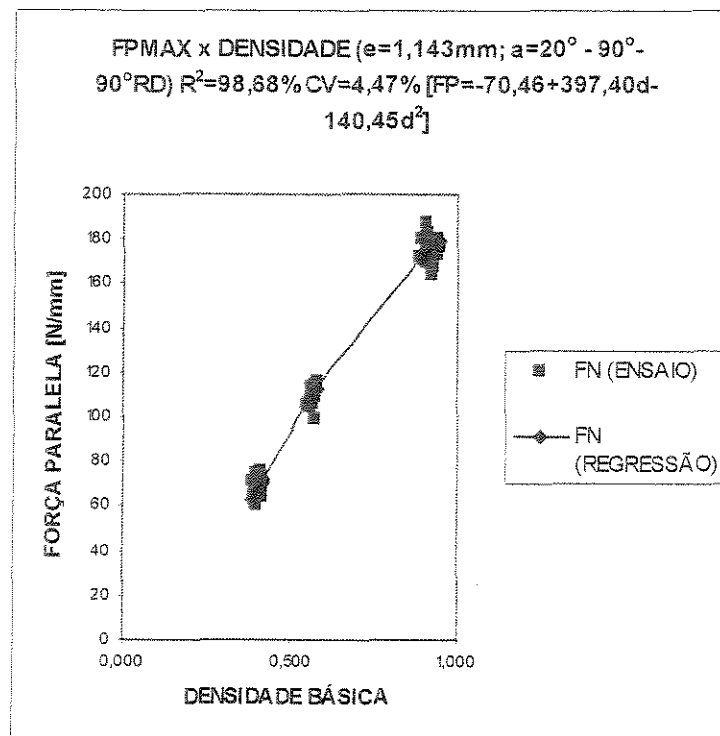


Figura 4.18 - FPMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 0° radial

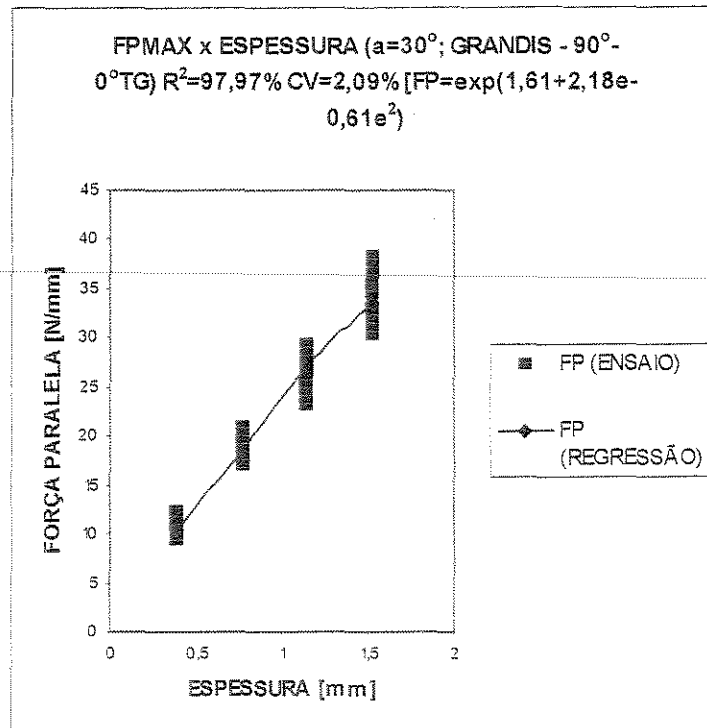


Figura 4.19 - FPMAX x ESPESSURA – 90° - 0° tangencial

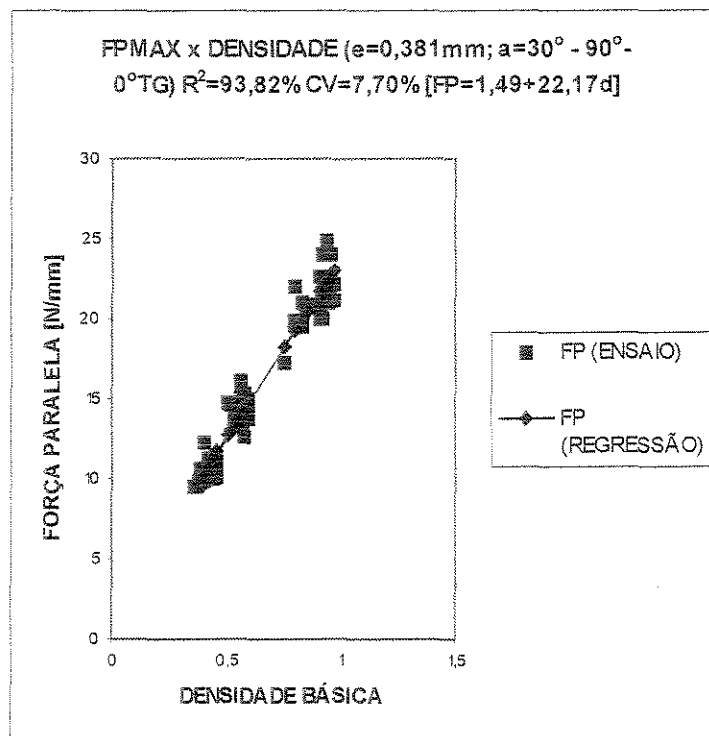


Figura 4.20 - FPMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 0° tangencial

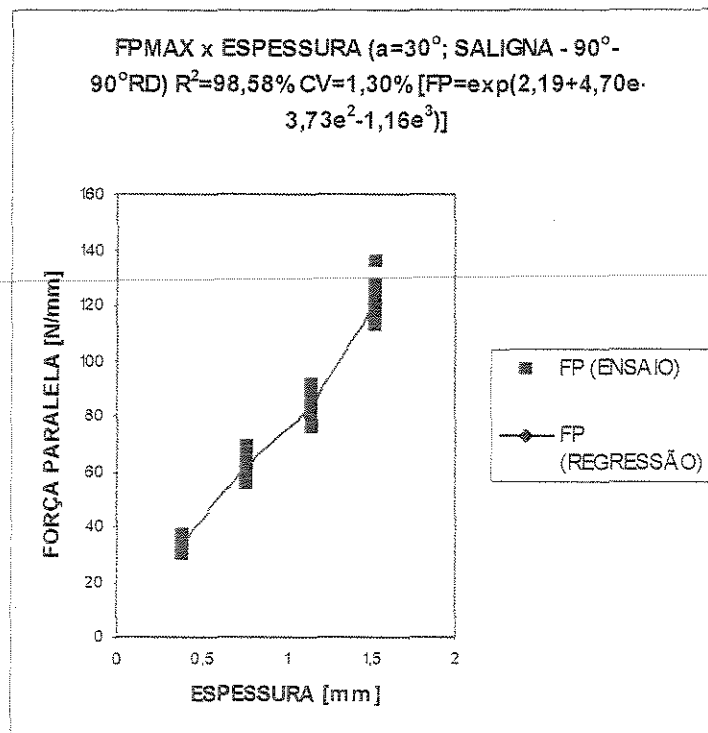


Figura 4.21 - FPMAX x ESPESSUA – 90°-90° radial

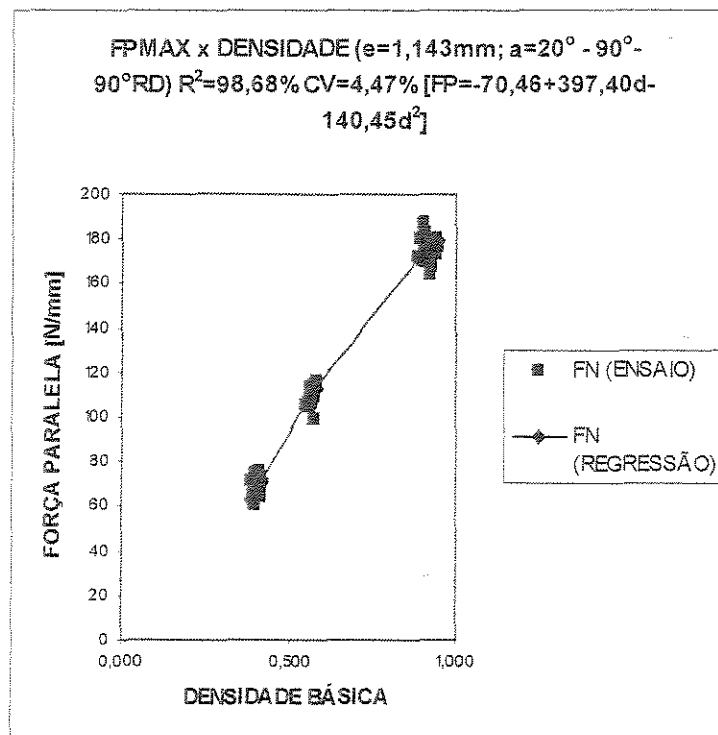


Figura 4.22 - FPMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90°-90° radial

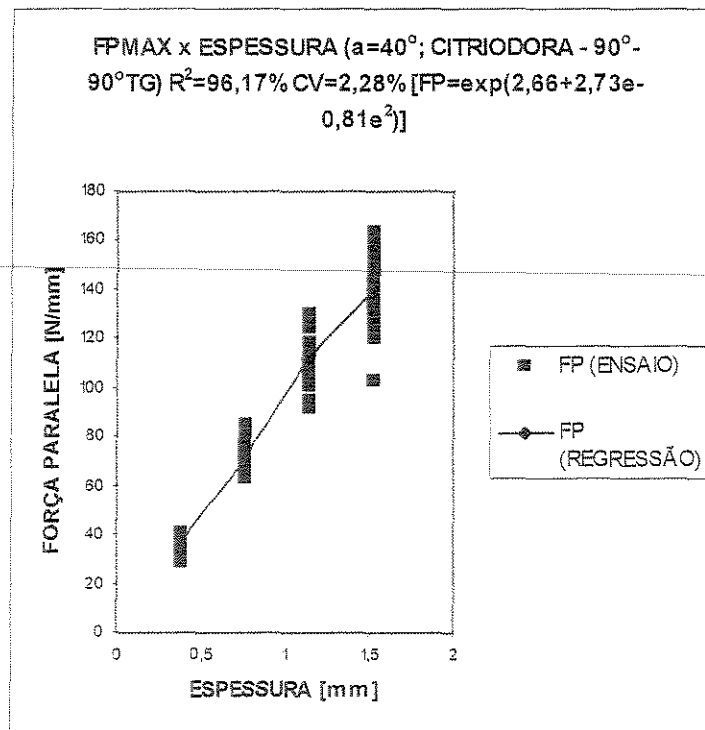


Figura 4.23 - FPMAX x ESPESSURA – 90° - 90° tangencial

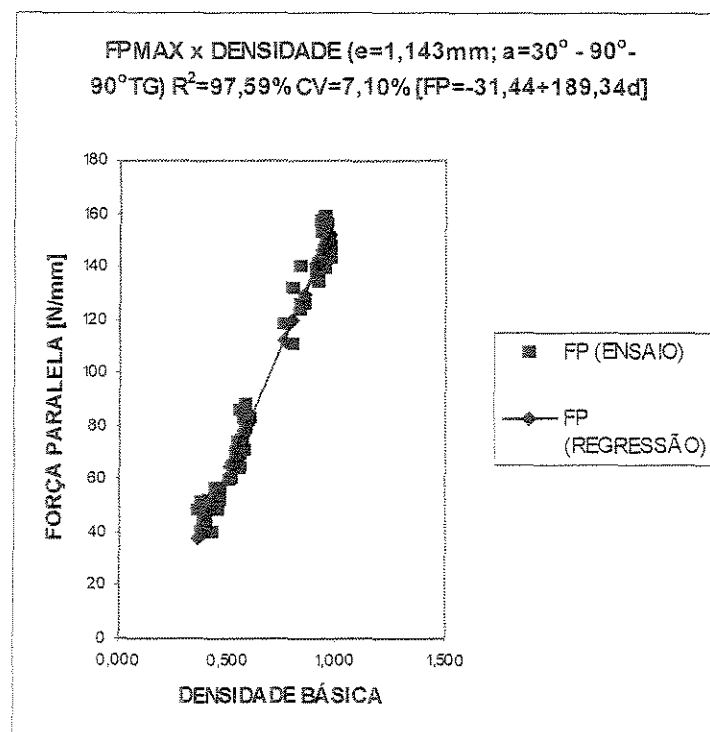


Figura 4.24 - FPMAX x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° tangencial

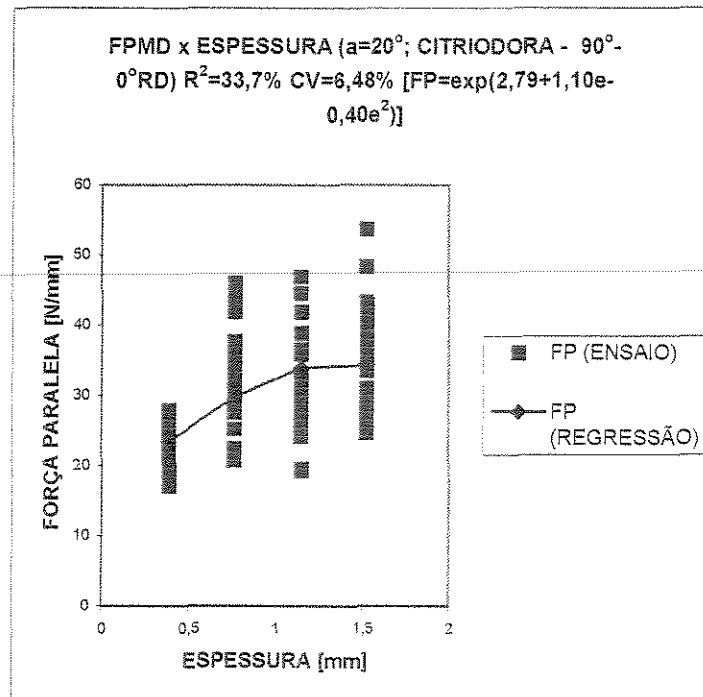


Figura 4.25 - FPMD x ESPESSURA – 90° - 0° radial

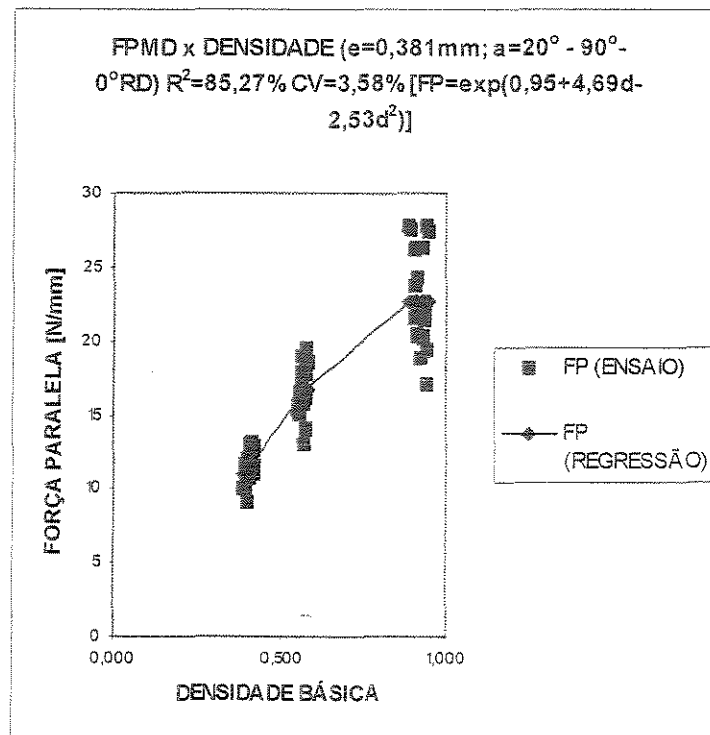


Figura 4.26 - FPMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 0° radial

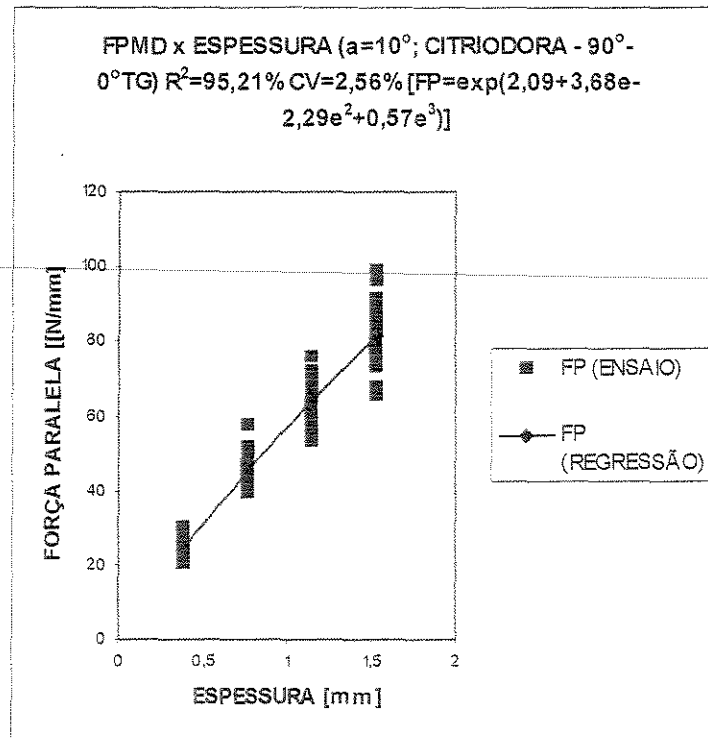


Figura 4.27 - FPMD x ESPESSURA – 90° - 0° tangencial

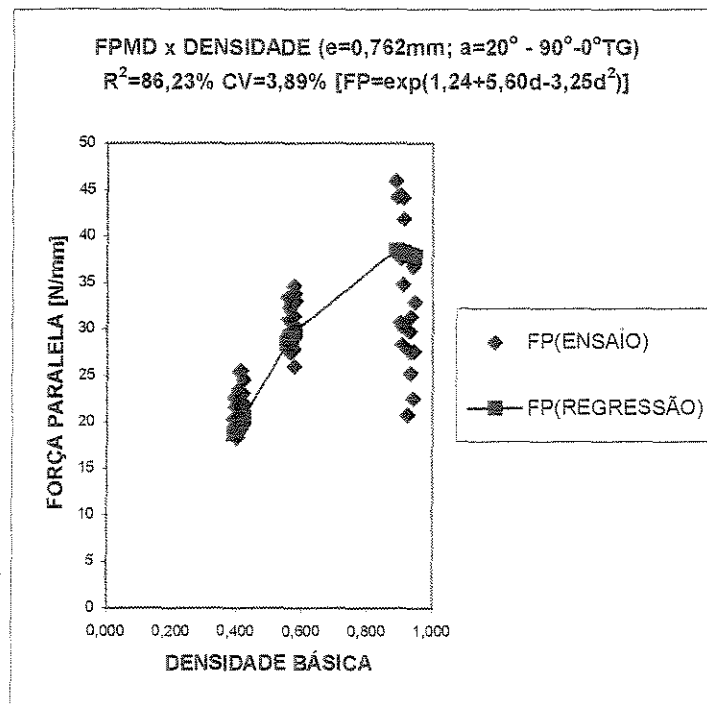


Figura 4.28 - FPMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 0° tangencial

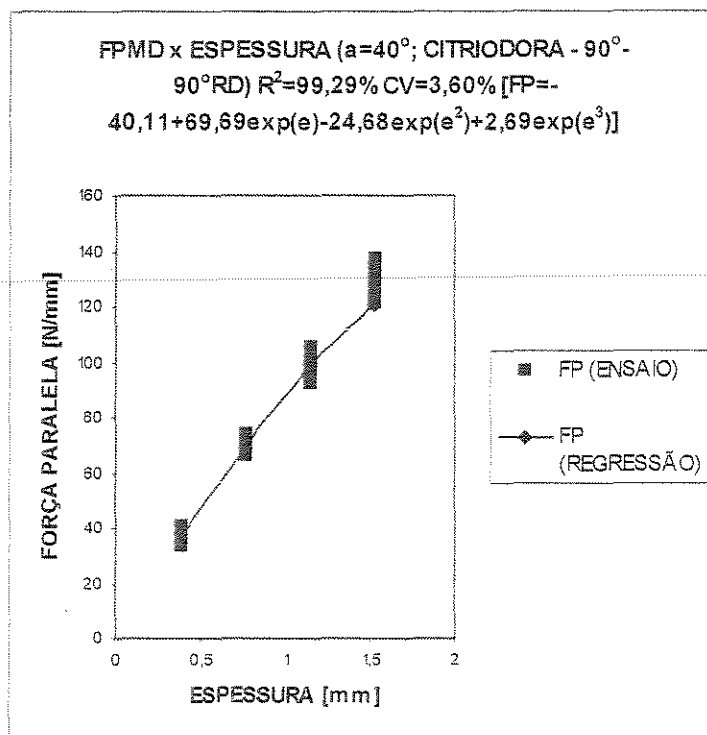


Figura 4.29 - FPMD x ESPESSURA – 90° - 90° radial

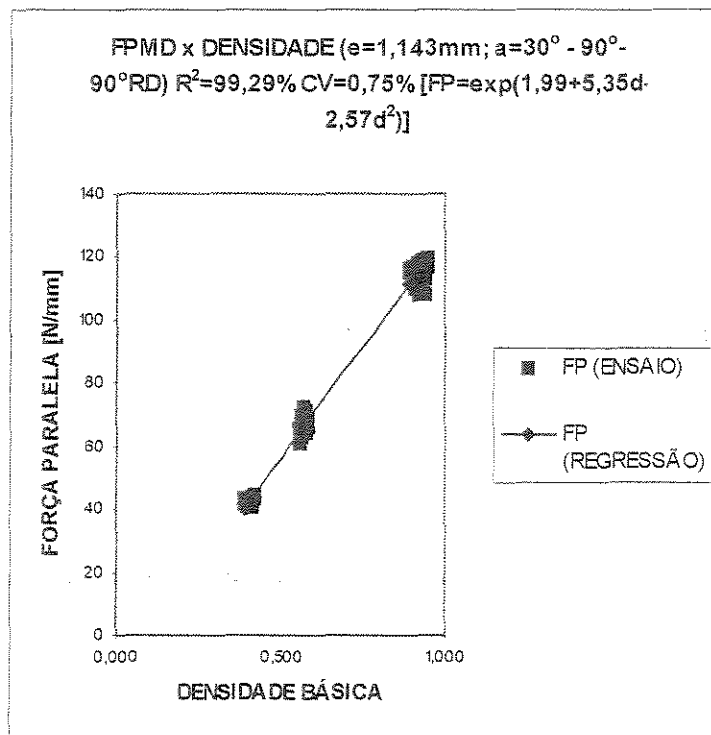


Figura 4.30: FPMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° radial

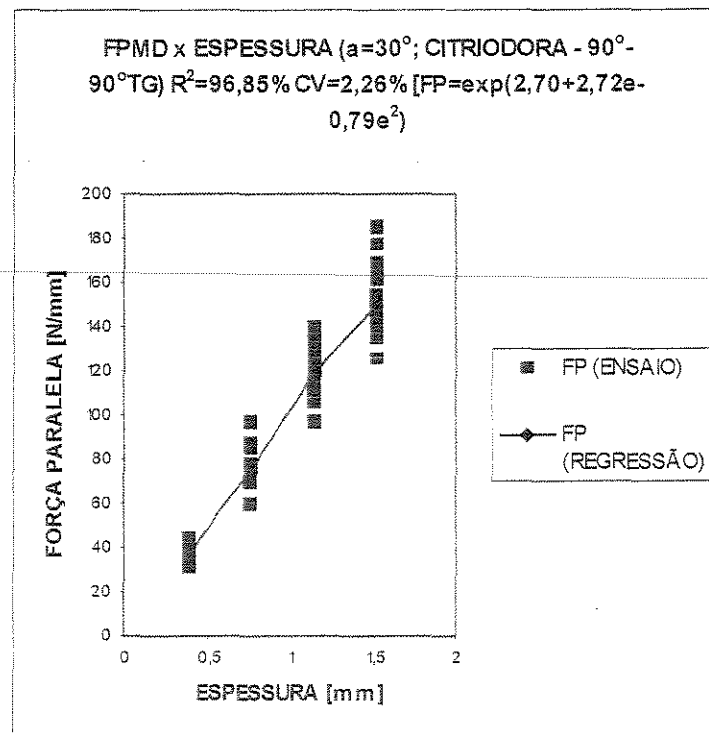


Figura 4.31 - FPMD x ESPESSURA – 90° - 90° tangencial

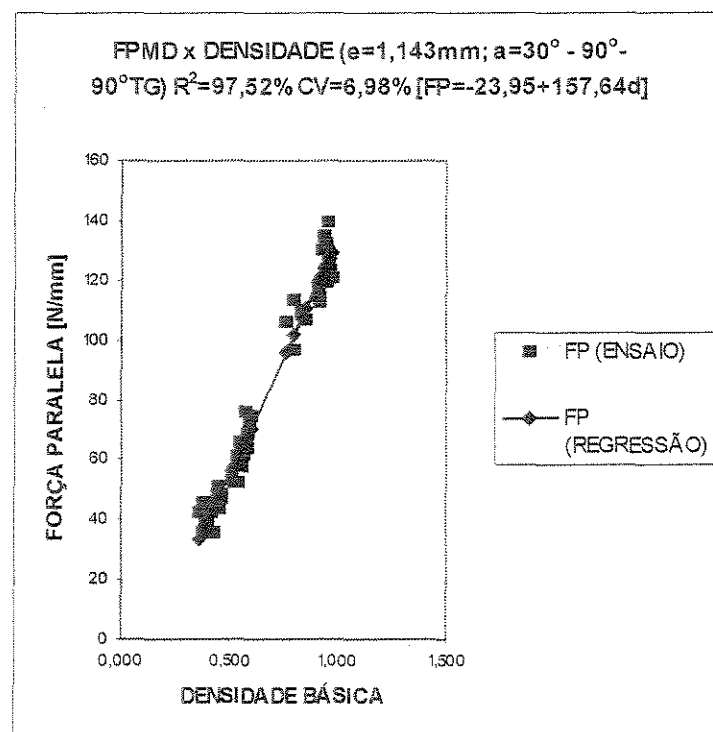


Figura 4.32 - FPMD x DENSIDADE BÁSICA – 90° - 90° tangencial

4.2 Comparação entre médias de forças paralelas tangenciais e radiais em corte 90°-0°

Com valores das forças paralelas obtidas nas direções tangencial e radial, segundo a metodologia descrita no item 3.2.3, foram obtidos os intervalos de confiança (IC) do teste de comparação de médias. Estes valores são apresentados nas tabelas 4.17 (corte 90°-0°) e 4.18 (corte 90°-90°)

Tabela 4.17: Resultados de teste “t” para comparação de médias no corte 90°-0°

ESPECIE	γ	ESPESSURA [mm]	I.C. - TESTE “t” SIMPLES	I.C. - TESTE “t” PAREADO
CITRIODORA	10°	0,381	-0,72 -0,36	-0,72 -0,36
		0,762	-1,24 -0,54	-1,28 -0,50
		1,143	-1,82 -0,79	-1,86 -0,76
		1,524	-2,73 -1,70	-2,76 -1,67
		Sem definição	-2,20 -0,28	-1,49 -0,99
SALIGNA		0,381	-0,24 +0,21	-0,23 +0,20
		0,762	-0,39 -0,39	-0,62 -0,01
		1,143	-0,75 +0,08	-0,68 -0,008
		1,524	-0,88 -0,37	-0,91 -0,40
Sem definição		-0,96 +0,50	-0,43 -0,03	
GRANDIS		0,381	-0,29 -0,07	-0,31 -0,05
		0,762	-0,77 -0,39	-0,81 -0,34
		1,143	-1,13 -0,57	-1,18 -0,52
		1,524	-1,34 -0,61	-1,40 -0,56
Sem definição		-1,12 -0,17	-0,80 -49	
CITRIODORA	20°	0,381	-0,51 -0,17	-0,53 -0,15
		0,762	-0,26 +0,26	-0,71 -0,02
		1,143	-0,84 +0,007	-0,91 +0,08
		1,524	-1,08 +0,10	-1,11 +0,13
		Sem definição	-1,12 +0,31	-0,61 -0,19
SALIGNA		0,381	-0,28 -0,01	-0,28 -0,03
		0,762	-0,47 -0,10	-0,49 -0,08
		1,143	-0,56 +0,04	-0,52 +0,005
		1,524	-0,81 -0,01	-0,85 +0,03
Sem definição		-0,88 +0,33	-0,41 -0,14	
GRANDIS		0,381	-0,19 +0,12	-0,21 +0,14
		0,762	-0,37 -0,12	+2,39 +2,64
		1,143	-0,40 -0,04	-0,42 -0,02
		1,524	-0,54 +0,10	-0,58 +0,14
Sem definição		-0,60 +0,24	-0,29 +0,07	
CITRIODORA	30°	0,381	+0,006 +0,22	-0,02 +0,25
		0,762	+0,08 +0,61	+0,04 +0,65
		1,143	-0,09 +0,66	-0,15 +0,72
		1,524	-1,05 +0,39	-1,08 +0,41
		Sem definição	-0,42 -0,63	-0,12 +0,33
SALIGNA		0,381	-0,25 -0,10	-0,26 -0,09
		0,762	-0,44 -0,13	-0,44 -0,12
		1,143	-0,78 -0,33	-0,81 -0,30
		1,524	-1,05 -0,46	-1,04 -0,47
Sem definição		-0,89 0,002	-0,55 -0,33	
GRANDIS		0,381	-0,05 +0,09	-0,05 -0,08
		0,762	-0,17 +0,06	-0,17 +0,07
		1,143	-0,29 +0,01	-0,31 +0,03
		1,524	-0,43 -0,13	-0,46 -0,11
Sem definição		-0,41 +0,18	-0,18 -0,04	

SITUAÇÃO GERAL		
ESPÉCIE	I.C. - TESTE "t" SIMPLES	I.C. - TESTE "t" PAREADO
CITRIODORA	-0,99 -0,03	-0,66 -0,36
SALIGNA	-0,68 +0,05	-0,40 -0,23
GRANDIS	-0,56 -0,06	-0,39 -0,24
EUCALIPTO	-0,62 -0,14	-0,44 -0,32

Tabela 4.18: Resultados de teste "t" para comparação de médias no corte 90°-90°

ESPECIE	γ	ESPESSURA [mm]	I.C. - TESTE "t" SIMPLES	I.C. - TESTE "t" PAREADO	
CITRIODORA	20°	0,381	+0,15 +0,97	+0,10 +1,02	
		0,762	-0,59 +0,58	-0,56 +0,55	
		1,143	-1,51 -0,22	-1,63 -0,10	
		1,524	-2,51 -1,17	-2,57 -1,10	
		Sem definição	-2,11 -1,03	-0,90 -0,17	
SALIGNA		0,381	+0,12 +0,42	+0,10 +0,43	
		0,762	+0,24 +1,32	+0,18 +1,38	
		1,143	+0,26 +1,52	+0,22 +1,56	
		1,524	-0,01 +1,60	-0,10 +1,69	
GRANDIS		Sem definição	-0,40 +1,67	+0,38 +1,00	
		0,381	-0,02 +0,16	-0,04 +0,18	
		0,762	-0,04 +0,34	-0,08 +0,38	
		1,143	+0,14 +0,80	+0,07 +0,80	
GRANDIS		1,524	+0,07 +1,00	-0,08 +1,14	
		Sem definição	-0,32 +0,93	+0,12 +0,49	
	CITRIODORA	30°	0,381	+0,18 +0,55	+0,16 +0,57
			0,762	-0,02 +0,77	-0,12 +0,87
1,143			-0,85 +0,19	-0,89 +0,23	
1,524			-0,29 +1,17	-0,30 +1,19	
Sem definição			-1,15 +1,58	-0,05 +0,47	
SALIGNA	0,381		+0,29 +0,52	+0,29 +0,52	
	0,762		+0,38 +0,97	+0,34 +1,00	
	1,143		+0,002 +0,69	-0,04 +0,35	
	1,524		+1,71 +2,64	+1,68 +2,68	
GRANDIS	Sem definição		+0,12 +1,68	+0,66 +1,14	
	0,381		-0,20 -0,05	-0,21 -0,04	
	0,762		-0,21 +0,12	-0,22 +0,12	
	1,143		-0,26 +0,16	-0,27 +0,17	
GRANDIS	1,524		-0,62 -0,06	-0,67 -0,02	
	Sem definição		-0,60 +0,32	-0,25 -0,04	
	CITRIODORA	40°	0,381	+0,52 +0,85	+0,47 +0,89
			0,762	+0,51 +1,02	+0,52 +1,01
1,143			+0,20 +1,30	+0,26 +1,34	
1,524			+0,60 +1,70	+0,62 +1,69	
Sem definição			-0,24 +1,94	+0,65 +1,05	
SALIGNA	0,381		+0,13 +0,33	+0,13 +0,33	
	0,762		+0,99 +1,38	+0,97 +1,43	
	1,143		+0,52 +1,23	+0,52 +1,22	
	1,524		+0,53 +1,23	+0,50 +1,47	
GRANDIS	Sem definição		+0,09 +1,51	+0,64 +0,95	
	0,381		-0,25 -0,13	-0,26 -0,12	
	0,762		-0,21 +0,04	-0,23 +0,06	
	1,143		-0,14 +0,22	-0,17 +0,25	
GRANDIS	1,524		-0,33 +0,25	-0,39 +0,33	
	Sem definição		-0,44 +0,31	-0,17 +0,04	

SITUAÇÃO GERAL		
ESPÉCIE	I.C. – TESTE “t” SIMPLES	I.C. – TESTE “t” PAREADO
CITRIODORA	-0,66 +1,02	+0,001 +0,35
SALIGNA	+0,26 +1,30	+0,67 +0,93
GRANDIS	-0,28 +0,34	-0,05 +0,11
EUCALIPTO	-0,11 +0,77	+0,25 +0,42

4.3 Ângulo de saída ideal para corte radial e tangencial

As tabelas 4.19 a 4.24 apresentam os resultados obtidos para os valores de ângulo ideal, de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.2. Todos os valores correspondem ao corte 90° - 0° , tendo em vista que este ângulo está relacionado à formação do cavaco tipo II e está relacionado, ainda, com uma melhor superfície de corte, ambos os aspectos ligados ao corte 90° - 0° .

Nestas tabelas são apresentados os valores obtidos para o ângulo ideal, segundo as quatro metodologias descritas em 4.2.2 onde:

Método 1 – se refere ao cálculo do ângulo para o qual se obtém $F_n = 0$ (zero de função), utilizando os modelos apresentados na tabelas 4.1 à 4.8. Observa-se que os valores tabelados são médias dos valores obtidos, para todos os ângulos de saída em cada espessura de corte.

Método 2 – através do cálculo do coeficiente de atrito (μ) experimental. Para estes cálculos foram utilizados os valores reais de F_n , F_p e α obtidos através de ensaios realizados por NERI (1998). Da mesma maneira que no método anterior, os valores tabelados representam a média dos valores obtidos para todos os ângulos de saída em cada espessura de corte.

Método 3 – através de regressão linear, utilizando os valores de μ (experimentais e os valores (T/R)) tabelados para cada espécie, obteve-se a expressão sugerida por FRANZ (1958), descrita em 3.2.

Através da regressão, substituindo os valores de T/R tabelados obtém-se o valor de μ . Com o valor de μ , através da equação de STEWART (1977), obtém-se o valor do ângulo ideal. Observa-se que, neste caso, não se distinguem as espessuras de corte.

Método 4 – Utilizando diretamente a equação de regressão obtida por FRANZ (1958).

**Tabela 4.19 :Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.
Eucalipto grandis – direção tangencial**

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	26,90	26,86		
0,762	25,50	25,52		
1,143	24,43	24,74		
1,524	24,11	27,64		
todas	24,89 (-4,96%)	26,19	25,10 (-4,16%)	34,86 (33,10%)

**Tabela 4.20: Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.
Eucalipto saligna – direção tangencial**

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	30,25	32,80		
0,762	33,50	29,43		
1,143	32,29	28,07		
1,524	30,91	27,64		
todas	31,76 (7,55%)	29,53	29,70 (0,58%)	35,98 (21,84%)

Tabela 4.21: Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto citriodora – direção tangencial

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	27,82	25,36		
0,762	21,46	21,92		
1,143	19,86	20,71		
1,524	19,19	19,98		
todas	20,68 (-6,09%)	22,02	19,60 (-10,99%)	37,2 (68,94%)

Tabela 4.22: Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto grandis – direção radial

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	40,04	39,11		
0,762	41,38	33,48		
1,143	40,40	31,29		
1,524	37,03	30,24		
todas	39,11 (16,64%)	33,53	30,14 (-10,11%)	34,86 (3,97%)

Tabela 4.23: Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto saligna – direção radial

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	30,34	28,15		
0,762	27,56	26,24		
1,143	27,40	25,38		
1,524	27,15	25,91		
todas	27,55 (4,28%)	26,42	26,12 (-1,14%)	35,98 (36,18%)

TABELA 4.24 Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.**Eucalipto citriodora – direção radial**

Espessura de corte (mm)	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4
0,381	23,76	23,11		
0,762	21,38	21,60		
1,143	20,61	21,23		
1,524	21,13	21,45		
todas	21,38 (-2,15%)	21,85	21,34 (-2,33%)	37,2 (70,25%)

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As tabelas e figuras apresentadas no capítulo 4 mostram o resultado da análise realizada utilizando os valores experimentais, obtidos em etapa anterior do projeto desenvolvido por NERI (1998).

Trabalhou-se, nesta análise, com os 5760 resultados dos ensaios englobando valores de forças paralelas e normais máximas e médias, obtidas em diferentes condições de corte.

5.1 Força normal máxima

O comportamento intrínseco da força normal no corte 90-0 torna difícil a obtenção de modelos representativos desta força em função dos parâmetros de corte. A busca por modelos que se adaptassem aos resultados experimentais foi um trabalho árduo e, em alguns casos com resultados pouco significativos. Observa-se que os modelos obtidos para a força normal em função da espessura de corte foram bastante diferenciados nas direções radial e tangencial, e que os valores obtidos para o coeficiente de determinação foram muito variáveis e, em sua grande maioria, baixos. As melhores adaptações de modelo foram obtidos para os ângulos extremos (10° ou 30°). A tendência dos modelos é a linear ou quadrática.

5.1.1 Direção de corte 90°-0°

5.1.1.1 Radial (Tabela 4.1)

a- Força x espessura.

Os modelos apresentados na tabela 4.1 em sua maioria não foram significativos para prever o valor força de corte, tendo em vista que os coeficientes de determinação foram considerados baixos. Analisando a relação da força de corte com a espessura, verificou-se que para a espécie citriodora, quanto maior for o ângulo de saída, melhor será a sua correlação com a espessura, ocorrendo o contrário com a espécie grandis. Para a espécie saligna não houve uma tendência da correlação em função do ângulo de corte pois o modelo foi razoável para o ângulo de 10°, tornou-se insignificante para o ângulo de 20° e voltou a melhorar para o ângulo de 30°.

b- Força x densidade

Para a relação força x densidade os modelos adotados também não foram significativos para prever os valores de força de corte para o ângulo de saída de 10°. No entanto, observa-se que, conforme o ângulo de ataque aumenta boas correlações são obtidas para todas as espessuras de corte.

5.1.1.2 Tangencial (Tabela 4.2)

a- Força x espessura

Como na discussão anterior, a maior parte dos modelos não foi significativa para a determinação da força de corte, em virtude de seus baixos coeficientes de determinação (inferiores a 65%). Da mesma maneira que para a direção radial, observou-se uma tendência de melhoria da correlação com o aumento do ângulo de ataque no caso do eucalipto citriodora. Para a espécie saligna a variável espessura apresentou boa correlação

com a força para os ângulos de 10° e 30° e correlação insignificante para o ângulo de 20° . Para a espécie *grandis* a correlação entre espessura de corte e força foi significativa somente para o ângulo de 10° .

b- Força x densidade

Como no caso da direção radial, os modelos adotados para os ângulos de ataque de 20° e 30° foram significativos, exceto para a espessura de 0,381mm e ângulo de 20° . Para o ângulo de ataque de 10° as correlações obtidas foram baixas. Para todas as espessuras a variável densidade será tanto melhor correlacionada com a força quanto maior for o ângulo de saída.

5.1.2 Direção de corte $90^\circ - 90^\circ$

5.1.2.1 Radial (Tabela 4.3)

a- Força x Espessura

Os modelos apresentados na tabela 4.3 podem ser considerados bons para prever os valores de força normal máxima na direção $90^\circ - 90^\circ$, apresentando altas correlações, com exceção feita à espécie *grandis* para os ângulo de saída de 20° e 30° .

b- Força x Densidade

Todos os modelos foram considerados aceitáveis para prever a força de corte, notando-se que ocorreram mudanças no comportamento das forças quando variou-se o ângulo e também a espessura.

Para espessura de 0,381mm com ângulo de saída de 20° o comportamento da força foi linear, passando a ser quadrático para o ângulo de 30° e voltando a ser linear para o ângulo de 40° .

Na espessura de 0,762 mm com ângulo de 20° o comportamento da força foi linear, passando a quadrático com ângulos de 30° e 40°. Nas espessuras de 1,143 mm e 1,524 mm o comportamento foi linear para todos os ângulos de saída.

5.1.2.2 Tangencial (Tabela 4.4)

a- Força x espessura

Para o modelo adotado a variável espessura foi bem correlacionada com força em todos os casos, com exceção do modelo obtido para a espécie *grandis* com ângulo de ataque de 20°. Observou-se ainda que todos os modelos foram lineares e que a variável espessura foi mais fortemente correlacionada com a força a medida que o ângulo de saída aumentou, para todas as espécies de eucalipto estudadas.

b- Força x densidade

Todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação elevados mostrando que os modelos podem ser utilizados com fins preditivos da força. Estes modelos se apresentaram na forma linear, com exceção do modelo obtido para espessura de 0,381 mm com ângulo de ataque 20° que apresentou tendência quadrática. Notou-se, também, que para as espessuras de 0,381 e 1,143 e 1,524 mm a densidade apresentou-se levemente melhor correlacionada com a força com o aumento do ângulo de saída.

5.2 Força normal média

Para a força normal média, bons modelos em função dos parâmetros de corte foram de difícil obtenção, principalmente no caso do corte 90° - 0° .

5.2.1 Corte na direção 90° - 0°

5.2.1.1 - Radial (Tabela 4.5)

a- Força x espessura

Os modelos adotados apresentaram tendência linear, com exceção dos modelos para o eucalipto citriodora e saligna, com ângulo de saída de 30° cujos modelos adotados apresentaram tendência quadrática. Dentre estes modelos, poucos foram aqueles que poderiam ser utilizados com fins preditivos da força de corte, mas, observou-se que para as espécies saligna e grandis, com o aumento do ângulo de saída, a variável espessura se mostrou melhor correlacionada com a força.

b- Força x densidade

Os modelos obtidos para o ângulo de 10° não foram significativos, não devendo ser aplicados para prever a variável força em nenhuma das espessuras de corte.

Já os modelos obtidos para ângulos de ataque de 20° e 30° apresentaram boas correlações, podendo ser aplicados para prever valores de força de corte. Os modelos obtidos para ângulo de saída de 20° foram quadráticos, para as espessuras de 0,381 mm e 0,762mm, e para as maiores espessuras (1,143 e 1,524 mm) foram lineares. Para 30° todos os modelos obtidos foram quadráticos.

Observou-se que, para as espessuras de 0,381, 0,762 e 1,143 mm, a densidade tem a tendência de se correlacionar melhor conforme o ângulo de ataque aumenta.

5.2.1.2 Tangencial (Tabela 4.6)

a- Força x espessura

Os únicos modelos com condições de predizer os valores de força de corte foram aqueles obtidos para o ângulo de 20°, para as espécies saligna e grandis. Todos os modelos adotados foram lineares.

b- Força x densidade

Poucos modelos foram significativos para predizer os valores da força de corte em função da densidade, podendo ser observadas apenas as tendências. Para o ângulo de 10° predominou o modelo quadrático, para o ângulo de 20°, os modelos obtidos para todas as espessuras foram lineares, e para o ângulo de 30°, quadrático nas espessuras de 0,381 mm, exponencial nas espessuras de 0,762 e 1,143 mm e linear na espessura 1,524 mm.

c- Força x (densidade x ângulo de ataque x espessura)

Os modelos obtidos nas direções tangencial e radial foram semelhantes e apresentaram coeficientes de determinação próximos, sendo ambos significativos.

5.2.2 Corte direção 90°– 90°

5.2.2.1 Radial (Tabela 4.7)

a- Força x espessura

A tabela 4.7 apresenta modelos com tendências diferentes, ou seja, linear, quadrática e bi-quadrática. Os modelos foram significativos para as espécies citriodora e saligna, enquanto que para a espécie grandis apresentaram baixos coeficientes de

determinação. Para todos os casos houve uma melhoria na correlação entre a variável espessura de corte e força, conforme se aumentou o ângulo de saída.

b- Força x densidade

Todos os modelos foram significativos para prever os valores da força de corte. Todos os modelos obtidos foram lineares, com exceção do modelo para espessura de 0,381mm e ângulo de 20° que foi quadrático.

5.2.2.2 Tangencial (Tabela 4.8)

a- Força x espessura

Os modelos obtidos para a espécie citriodora apresentaram tendência exponencial, os demais modelos foram lineares. Com exceção da espécie grandis, os modelos obtidos para as outras espécies foram todos significativos, para todos os ângulos de ataque. A correlação entre a espessura de corte e a força foi crescente com o aumento do ângulo de saída para as três espécies estudadas.

b- Força x densidade

Todos os modelos foram significativos para prever os valores da força de corte. O comportamento do modelo para ângulo de 20° foi quadrático para as espessuras de 0,381 e 0,762 mm e linear para as espessuras de 1,143 e 1,524 mm. Para o ângulo de 30° o modelo obtido foi linear para todas as espessuras de corte. Para o ângulo de 40° o modelo foi linear para as espessuras de 0,381, 1,143 e 1,524 mm e exponencial para espessura 0,762 mm.

c- Força x (densidade x ângulo de ataque x espessura de corte)

Os modelos obtidos para as direções radial e tangencial foram significativos para serem aplicados na previsão de valores de força de corte.

5.3 Força paralela máxima

5.3.1 Corte direção 90°-0°

5.3.1.1 Radial (Tabela 4.9)

a- Força x espessura

Os modelos adotados foram significativos para predizer os valores de força de corte, e apresentaram tendências exponenciais, com exceção do obtido para a espécie *grandis* com ângulo de 30°. Os coeficientes de variação foram todos menores que 15% e mostraram tendência a crescer com o aumento do ângulo de ataque.

b- Força x densidade

Os modelos adotados foram todos significativos e apresentaram tendência exponencial, com exceção dos modelos adotados para espessura de 1,524 mm com ângulo de 10° e para espessura de 0,381mm com ângulo de 30°, que apresentam tendência quadrática. Os coeficiente de variação da regressão foram, em todos os casos, inferiores a 15%.

5.3.1.2 Tangencial (Tabela 4.10)

a- Força x espessura

Os modelos obtidos apresentaram tendência exponencial, altos coeficientes de determinação e coeficientes de variação da regressão abaixo de 15%, indicando que foram significativos para predizer o valor da força de corte.

b- Força x densidade

Os modelos adotados apresentaram tendência quadrática, com exceção daquele obtido para espessura 0,381mm e ângulo de saída de 30°, cuja tendência foi linear. Em todos os casos, os valores do coeficiente de determinação foram altos e os coeficientes de variação da regressão abaixo de 15%, indicando que foram significativos para prever os valores de força de corte.

c- Força x (densidade x ângulo de ataque x espessura de corte)

Os modelos obtidos para as direções radial e tangencial foram do tipo exponencial e apresentaram valores de coeficientes de determinação e de variação que os tornaram altamente significativos para a previsão da força de corte.

5.3.2 Corte direção 90°-90°

5.3.2.1 Radial (Tabela 4.11)

a- Força x Espessura

Os modelos adotados para prever os valores de força em função de espessura de corte foram altamente significativos. As espécies citriodora e saligna apresentaram modelos com diferentes tendências para cada ângulo de ataque estudado. Para a espécie citriodora o modelo escolhido foi quadrático para ângulo de 20° e linear para os ângulos de 30° e 40°. A espécie saligna apresentou modelo linear para ângulo de 20° e exponencial para os ângulos de 30° e 40°. A espécie grandis apresentou modelo com tendência exponencial nos três ângulos estudados (20°, 30° e 40°).

b- Força x densidade

Os modelos podem prever satisfatoriamente os valores de força de corte pois apresentaram bons coeficientes de determinação e baixos coeficientes de variação. Nas diferentes espessuras de corte, os modelos também apresentaram diferenças de comportamento em cada ângulo. Na espessura de corte 0,762 mm os modelos foram exponenciais para os ângulos de 20° e 30°, e quadrático para o ângulo de 40°. Para a espessura de 1,143 mm foram quadrático para o ângulo de 20° e linear para ângulos de 30° e 40°. Para a espessura de 1,524 mm o modelo foi exponencial para os ângulos de 20° e 40° e quadrático para o ângulo de 30° e para espessura de 0,381mm o modelo foi exponencial para todos os ângulos estudados.

5.3.2.2 Tangencial (Tabela 4.12)

Os modelos apresentados na tabela 4.12 foram significativos, apresentando altos coeficientes de determinação e baixos coeficientes de variação, podendo ser aplicados para prever os valores de força de corte.

a- Força x espessura

Somente os modelos obtidos para a espécie citriodora apresentaram mudanças no comportamento ou tendência. Para o ângulo de 20° o modelo adotado apresentou tendência quadrática e para os ângulos de 30° e 40° o modelo apresentou tendência exponencial. Os modelos obtidos para as espécies saligna e grandis apresentaram tendência exponencial para todos os ângulos estudados (20°, 30° e 40°).

b- Força x densidade

Os modelos obtidos nas espessuras 0,381, 0,762 e 1,143 mm apresentaram mudanças no comportamento com a variação do ângulo de saída. Na espessura 0,381 mm o modelo adotado foi quadrático para ângulo de 40° e exponencial para os ângulos de 20° e

30°. Para a espessura de 0,762 mm os modelos adotados foram exponenciais para 20° e 30° e linear para 40°. Na espessura 1,143 mm o modelo adotado foi exponencial para os ângulos de 20° e 40° e linear para o ângulo de 30°. Na espessura 1,524 mm o modelo foi exponencial para todos os ângulos estudados (20°, 30° e 40°).

c- Força x (densidade x ângulo de ataque x espessura)

Os modelos adotados apresentaram, tanto para corte tangencial quanto para radial, altos coeficientes de determinação e baixos coeficientes de variação da regressão. Devido a estes resultados foram adotados, como modelos, em condição de predizer os valores da força de corte de corte, em função das variáveis estudadas.

5.4 Força paralela média

5.4.1 Corte direção 90°-0°

5.4.1.1 Radial (Tabela 4.13)

Os modelos foram significativos para predizer a força de corte. Alguns modelos apresentaram coeficiente de determinação (r^2) inferiores à 65% mas apresentaram coeficiente de variação de regressão inferiores a 15%, fator este que também foi condição básica para, juntamente com outros parâmetros avaliar a possibilidade de aceitação do modelo para predizer a força de corte.

a- Força x espessura

Os modelos obtidos foram do tipo exponencial para as três espécies e para os três ângulos de saída.

A variável espessura, para a espécie citriodora, nos ângulos de 20° e 30° não se mostrou bem correlacionada com a força, o mesmo ocorrendo para a espécie saligna no

ângulo de 30°. É possível que a adição de outras variáveis significativas ao modelo, tal como o teor de umidade, pudesse torná-lo mais significativo.

b- Força x densidade

O modelo adotado para todas as espessuras e ângulos de ataque foi o exponencial.

A variável densidade mostrou correlação baixa com a força nas espessuras 0,762, 1,143 e 1,524 mm para ângulo de 20°, e nas espessuras 0,381, 0,762 e 1,143 mm para ângulo de 30°. Para todos os casos, no entanto, os coeficientes de variação da regressão situaram-se abaixo de 15%.

5.4.1.2 Tangencial (Tabela 4.14)

Os modelos adotados foram todos significativos. Com exceção da espécie citriodora, no ângulo de 30° todos os modelos apresentaram excelentes valores de coeficiente de determinação e todos os modelos, sem exceção, apresentaram coeficientes de variação da regressão inferiores a 15%.

a-Força x espessura

Os modelos obtidos para as espécies citriodora e grandis foram do tipo exponencial para todos os ângulos estudados (10°, 20° e 30°) e para a espécie saligna o modelo foi linear para ângulo de 10° e exponencial para os ângulos de 20° e 30°.

Para a espécie citriodora observou-se que o coeficiente de variação da regressão aumentou conforme aumentou o ângulo de saída para os modelos adotados.

b- Força x densidade

O modelo adotado foi o exponencial para todas as espessuras e todos os ângulos de ataque estudados. Todos os coeficientes de variação foram inferiores a 15% e, no geral, apresentaram bons coeficientes de determinação.

c- Força x (densidade x ângulo de ataque x espessura)

O modelo adotado foi exponencial tanto para a direção radial quanto para a direção tangencial. Ambos os modelos se mostraram significativos, apresentando altos valores de coeficiente de determinação e baixos valores de coeficiente de variação da regressão.

5.4.2 Corte direção 90°-90°

5.4.2.1 Radial (Tabela 4.15)

Os modelos adotados na Tabela 4.15 foram satisfatórios para prever os valores de força de corte. Todos apresentaram tendência exponencial, com exceção do modelo que relacionou força com espessura de corte, obtido para a espécie citriodora com ângulo de ataque 20°, que foi quadrático. Observou-se que as variáveis espessura e densidade apresentaram alta correlação com a força de corte.

5.4.2.2 Tangencial (Tabela 4.16)

Na tabela 4.16 são apresentados os modelos que predizeram os valores de força de corte. Observou-se, através da análise dos modelos, que as variáveis densidade e espessura estão bem correlacionados com a força de corte.

a- Força x espessura

Com exceção do modelo obtido para a espécie citriodora com ângulo de ataque 20°, que foi o quadrático, os demais foram exponenciais. Todos os modelos foram altamente significativos, apresentando altos coeficientes de determinação e baixos coeficientes de variação.

b- Força x densidade

Os modelos adotados apresentaram mudança de comportamento para os diferentes ângulos de saída. Para as espessuras 0,381, 0,762 mm o modelo apresentaram comportamento exponencial para 20° e 30° e quadrático para 40°. Para espessura 1,143 mm o comportamento foi linear para 20° e 30° e exponencial para 40° e, para espessura 1,524mm o comportamento foi quadrático para 20°, exponencial para 30° e linear para 40°.

c- Força x densidade + ângulo de ataque + espessura

O modelo obtido foi do tipo exponencial para as direções radial e tangencial e podendo ser considerados altamente significativos para expressar a força de corte em função da espessura e densidade.

5.5 Aspectos gerais

Os gráficos apresentados nas Figuras 4.17 a 4.32 exemplificam as observações exaradas. Através deles pode ser observada a tendência dos modelos e dos valores experimentais, bem como a dispersão dos valores em torno da linha de tendência traçada através do modelo obtido na regressão. Quando não houve muita dispersão dos pontos, os valores obtidos para o coeficiente de determinação foram bons (Ex: Figura 4.18 e 4.24). Em contrapartida, quando os valores se dispersam, existe grande dificuldade em se encontrar um modelo adequado, como no caso exemplificado na Figura 4.25.

De maneira geral concluiu-se que, para as forças paralelas, é possível a obtenção de modelos que representem o comportamento das mesmas em função dos parâmetros de corte, tanto para o corte $90^\circ - 0^\circ$ quanto para o $90^\circ - 90^\circ$. Estes modelos poderiam ser úteis para prever valores de forças de corte em função da espessura, ângulo de ataque e densidade básica, desde que utilizados no intervalo de variação destes parâmetros nos ensaios, ou seja, espessuras de corte variando de 0,381mm a 1,524 mm; densidades básicas [g/cm^3] variando de 0,41 a 0,92 e ângulo de saída de 10° a 30° , para o corte $90^\circ - 0^\circ$, e de 20° a 40° no corte $90^\circ - 90^\circ$.

Os gráficos apresentados por NERI (1998) foram realizados utilizando-se os valores da média das forças de corte nas 20 repetições, para cada uma das 4 diferentes espessuras e para as 3 densidades. Estes gráficos foram traçados para apresentar a tendência dos dados, mas não foi executada nenhuma regressão. O autor concluiu que a força de corte e espessura não tiveram comportamento linear para todos os casos e as diferenças foram atribuídas aos diferentes tipos de cavacos obtidos. No corte $90^\circ - 0^\circ$ gráficos mostraram tendência linear, para ângulos de saída de 10° , e não linear para os ângulos de ataque de 20° e 30° . Os modelos obtidos no presente trabalho mostraram uma tendência majoritariamente exponencial. Esta diferença deve-se ao fato de que os gráficos apresentados por NERI (1998) foram construídos por meio de 4 pontos representativos das médias, enquanto os modelos obtidos no presente trabalho utilizaram todos os dados experimentais.

5.6 - Comparação entre médias de forças paralelas tangenciais e radiais.

5.6.1 Direção de corte $90^\circ - 0^\circ$

Através dos resultados apresentados na tabela 4.17, verificou-se, para a espécie citriodora, com ângulo de saída 10° , que para todas as condições estudadas a hipótese de igualdade entre as forças de corte tangencial e radial foi rejeitada. Para o ângulo de 20° esta mesma condição ocorre para as espessuras 0,381 mm e 0,762 mm. Quando não se definiu a espessura de corte, o mesmo resultado pôde ser observado, ou seja, se rejeitou a hipótese de

igualdade. Para o ângulo de saída de 30° a hipótese foi rejeitada somente para a espessura de 0,762mm.

Para a espécie *saligna* a hipótese de igualdade foi rejeitada para as forças de corte obtidas com ângulo de saída de 10°, na espessura de 0,762 mm, bem como quando não se definiu a espessura. A hipótese de igualdade também foi rejeitada para o ângulo de 20° para as espessuras de 0,381 mm e 0,762 mm, e para o ângulo de 30°, a hipótese foi rejeitada em todas as situações. A hipótese também foi rejeitada na situação geral em que o teste foi executado para todos os valores de ensaio, sem se classificar por espessuras de corte e ângulos de saída.

Para a espécie *grandis* a hipótese de igualdade foi rejeitada para todas as situações estudadas quando o ângulo de saída foi de 10°. Para o ângulo de 20° a hipótese foi rejeitada somente para espessura de 1,143 mm, e para o ângulo de 30°, a hipótese foi rejeitada na espessura de 1,524 mm. A hipótese também foi rejeitada para a situação geral, quando o teste foi executado com todos os valores obtidos no ensaio, sem classificação por espessura e ângulo de saída.

Tomando-se a condição em que o teste foi executado, utilizando-se todos os valores de ensaio, sem distinção de espécie, espessura ou ângulo de saída, a hipótese de igualdade também foi rejeitada.

5.6.2 – Corte direção 90°–90°

Na comparação através do teste “t” apresentado na tabela 4.18 pode-se observar que, para a espécie *citriodora*, com ângulo de 20°, a hipótese de igualdade não foi rejeitada somente na espessura de 0,762 mm. Para o ângulo de 30° a hipótese foi rejeitada para todas as situações estudadas.

Para a espécie *saligna* a hipótese de igualdade entre as médias não foi rejeitada para o ângulo de 20° na espessura de 1,524 mm e para o ângulo de 30° na espessura de 1,143mm.

Para a espécie *grandis* a hipótese de igualdade foi rejeitada para o ângulo de 20° e espessura 1,143 mm, para o ângulo de 30° com espessura de 0,381 mm, e para ângulo de 40° com espessura também de 0,381 mm.

Para o teste realizado utilizando-se todos os resultados de ensaio, sem definição de espécie, ângulo de ataque ou espessura, a hipótese de igualdade das médias foi rejeitada.

5.7 Ângulo de saída ideal

As tabelas 4.19 a 4.24 apresentaram os ângulos de saída ideais, segundo as quatro metodologias citadas para cada espécie e espessura de corte.

Verificou-se, ao observar as tabelas, que não existiu diferença significativa nos resultados dos métodos 1, 2 e 3. O método 4, em todas as situações, apresentou como resultado um ângulo de saída muito superior aos demais. Esta discrepância de valores pode ser justificada tendo em vista que a equação utilizada no método 4 foi desenvolvida para madeiras crescidas em regiões temperadas, fato este que afeta as propriedades físicas e mecânicas da madeira, tornando-as diferentes daquelas crescidas no Brasil, como é o caso dos eucaliptos estudados neste trabalho.

As tabelas apresentaram também a diferença, em porcentagem, entre os ângulos de ataque obtidos através dos quatro métodos, tendo como testemunha o ângulo de ataque obtido pelo método 2. Este método foi escolhido como testemunha porque foi obtido através do coeficiente de atrito (μ) real, determinado através dos resultados obtidos na experimentação.

5.8 Comparação dos resultados obtidos neste trabalho, com os resultados da dissertação mestrado de NERI (1998)

5.8.1 Força paralela

NERI (1998) analisando a tendência da relação da força de corte com a espessura e a força de corte e densidade, no corte $90^{\circ}-0^{\circ}$, concluiu que estas relações não foram lineares para todos os casos. Esta conclusão pode ser visualizada por meio dos gráficos de tendência apresentados pelo autor. Neste trabalho, as equações obtidas confirmaram esta tendência, ou seja, existe variação no tipo de relação obtida, dependendo de ângulo de saída e da espécie considerada.

Os gráficos apresentados por NERI (1998) em seu capítulo de conclusões mostraram uma tendência linear para o caso da força x espessura de corte para o ângulo de 10° e para o caso da força x densidade para pequenas espessuras de corte. Esta linearidade não se confirmou nas relações obtidas para força paralela no presente trabalho. Para o caso da força normal x densidade, verificou-se, nos modelos obtidos neste trabalho, a linearidade para pequenas espessuras de corte. É importante lembrar que, no caso de trabalho de NERI (1998), o gráfico foi construído com valores médios (4 pontos para gráficos em função de espessura e 3 pontos para gráficos em função de densidade), enquanto que, neste trabalho, os modelos foram obtidos considerando todos os valores de ensaio.

A força de corte aumentou com o aumento da espessura de corte. Em geral, para um mesmo ângulo de saída esse efeito foi mais acentuado para pequenas espessuras de corte. NERI (1998) concluiu que o efeito da espessura na força de corte aumentou com o decréscimo do ângulo de saída. Esta conclusão, em geral, foi confirmada para o corte $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$ para os ângulo de 10° e 20° . Para o ângulo de 30° observou-se que a conclusão é válida somente para pequenas espessuras de corte.

NERI (1998) concluiu que, em geral, a força paralela aumentou com aumento da densidade e, este efeito dependeu do ângulo de saída. Os resultados obtidos neste trabalho para o corte na direção $90^{\circ}-90^{\circ}$ radial, mostraram que o efeito da densidade aumentou com o

acrécimo do ângulo de saída. Para o corte 90° - 90° na direção tangencial, e no corte 90° - 0° (tangencial e radial) o efeito diminuiu com o acréscimo do ângulo de saída. Concluiu-se, ainda, que para o mesmo ângulo de saída o efeito variou em função da espessura. Em corte 90° - 0° tangencial, para ângulo de 10° e pequenas espessuras, o efeito da densidade diminuiu conforme a espessura de corte aumentou, enquanto que, para o radial, ocorreu o inverso. Para o ângulo de 20° o efeito da densidade foi maior para pequenas espessuras de corte. Para 30° , em geral, o efeito da densidade foi crescente com a espessura de corte.

5.8.2 Ângulo de saída ideal

NERI (1998), em suas conclusões, observou que a força normal passou de positiva a negativa para ângulos próximos de 20° no caso da espécie *citriodora*, entre 20° e 30° para a espécie *saligna* e ângulos maiores que 30° para a espécie *grandis*. Isto sugere que, é nesta faixa que se situam os ângulos de saída ideais para cada uma das espécies estudadas, tendo em vista que a força normal passaria pelo valor zero. Os resultados obtidos neste trabalho confirmaram esta conclusão para todos os casos, com exceção da espécie *grandis* na direção tangencial, cujo o ângulo obtido foi menor que 30° .

6 CONCLUSÕES

- Forças de corte

Força normal

O comportamento intrínseco da força normal no corte $90^{\circ}-0^{\circ}$ torna difícil a obtenção de modelos representativos desta força em função dos parâmetros de corte. A busca por modelos que se adaptassem aos resultados experimentais foi um trabalho árduo e, em alguns casos, com resultados pouco significativos. Para o corte $90^{\circ}-90^{\circ}$ foi possível encontrar modelos significativos principalmente no caso de regressões envolvendo força normal e densidade básica. Embora sem valor preditivo, os modelos obtidos permitem visualizar a tendência do comportamento da correlação entre a força e a espessura, e a força e a densidade básica para os diversos ângulos.

Força paralela

As relações obtidas, no corte $90^{\circ}-0^{\circ}$ não foram lineares para todos os casos, o mesmo ocorrendo no corte $90^{\circ}-90^{\circ}$, principalmente nas relações entre força de corte e espessura. Ainda para o corte na direção $90^{\circ}-90^{\circ}$, as relações obtidas indicaram que, mesmo que se obtenha um único tipo de cavaco durante a usinagem da madeira, as relações não são sempre lineares.

- Comparação entre forças de corte tangencial e radial nas direções $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$

A análise estatística demonstrou que as forças paralelas obtidas em corte $90^{\circ}-0^{\circ}$ e $90^{\circ}-90^{\circ}$ não podem ser consideradas iguais nas direções tangencial e radial. Esta conclusão foi muito importante no caso de confecção de corpos-de-prova para pesquisas científicas, pois, verificou-se a existência de diferenças significativas entre os resultados obtidos nestas duas direções. Estas diferenças não devem ser desprezadas, pois certamente levariam a

conclusões errôneas. Este resultado confirmou a anisotropia transversal nas propriedades mecânicas da madeira.

- Ângulo de saída ideal

Com relação ao ângulo de saída ideal conclui-se que os métodos 1, 2 e 3 são válidos para o cálculo, considerando-se os intervalos de densidades, espessuras e ângulos de saída adotados neste trabalho. O método 4 levou, em todos os casos, a resultados muito diferentes daqueles obtidos por intermédio dos outros 3 métodos, indicando que o mesmo não se mostrou adequado para obtenção de valores de ângulo de saída ideal das madeiras pesquisadas neste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Planos de corte da madeira	7
Figura 2.2	Ângulos de corte e componentes da força (Adaptada de WOODSON & KOCH, 1970)	12
Figura 2.3	Plaina ou desengrosso	13
Figura 2.4	Serra circular	13
Figura 2.5	Principais tipos de corte ortogonal (HOADLEY, 1980)	15
Figura 2.6	Serra de fita	16
Figura 2.7	Ângulos de corte e componentes da força (Adaptada de WOODSON & KOCH, 1970)	18
Figura 2.8	Cavaco tipo I - Adaptada de (WOODSON & KOCH, 1970)	20
Figura 2.9	Cavaco tipo II - Adaptada de (WOODSON & KOCH, 1970)	21
Figura 2.10	Cavaco tipo III -- Adaptada de (WOODSON & KOCH, 1970)	23
Figura 2.11	Exemplo de preparação de corpos-de-prova tangencial	28
Figura 2.12 -	Exemplo de gráfico obtido através carta de aquisição de dados	29
Figura 2.13	Exemplo de gráfico de dispersão	42
Figura 2.14	Gráfico com raízes reais	54
Figura 2.15	Gráfico de uma função desdobrada	55
Figura 2.16	Exemplicação do Método de Newton	56
Figura 4.1	FNMAX x ESPESSURA – 90°-0° radial	82
Figura 4.2	FNMAX x DENSIDADE – 90°-0° radial	82
Figura 4.3	FNMAX x ESPESSURA – 90°-0° tangencial	83
Figura 4.4	FNMAX x DENSIDADE – 90°-0° tangencial	83
Figura 4.5	FNMAX x ESPESSURA – 90°-90° radial	84
Figura 4.6	FNMAX x DENSIDADE – 90°-90° radial	84
Figura 4.7	FNMAX x ESPESSURA – 90°-90° tangencial	85
Figura 4.8	FNMAX x DENSIDADE – 90°-90° tangencial	85
Figura 4.9	FNMD x ESPESSURA – 90°-0° radial	86
Figura 4.10	FNMD x DENSIDADE – 90°-0° radial	86

Figura 4.11	FNMD x ESPESSURA – 90°-0° tangencial	87
Figura 4.12	FNMD x DENSIDADE – 90°-0° tangencial	87
Figura 4.13	FNMD x ESPESSURA – 90°-90° radial	88
Figura 4.14	FNMD x DENSIDADE – 90°-90° radial	88
Figura 4.15	FNMD x ESPESSURA – 90°-90° tangencial	89
Figura 4.16	FNMD x DENSIDADE – 90°-90° tangencial	89
Figura 4.17	FPMAX x ESPESSURA – 90°-0° radial	90
Figura 4.18	FPMAX x ESPESSURA – 90°-0° tangencial	90
Figura 4.19	FPMAX x ESPESSURA – 90°-0° tangencial	91
Figura 4.20	FPMAX x DENSIDADE – 90°-0° tangencial	91
Figura 4.21	FPMAX x ESPESSURA – 90°-90° radial	92
Figura 4.22	FPMAX x DENSIDADE – 90°-90° radial	92
Figura 4.23	FPMAX x ESPESSURA – 90°-90° tangencial	93
Figura 4.24	FPMAX x DENSIDADE – 90°-90° tangencial	93
Figura 4.25	FPMD x ESPESSURA – 90°-0° radial	94
Figura 4.26	FPMD x DENSIDADE – 90°-0° radial	94
Figura 4.27	FPMD x ESPESSURA – 90°-0° tangencial	95
Figura 4.28	FPMD x DENSIDADE – 90°-0° tangencial	95
Figura 4.29	FPMD x ESPESSURA – 90°-90° radial	96
Figura 4.30	FPMD x DENSIDADE – 90°-90° radial	96
Figura 4.31	FPMD x ESPESSURA – 90°-90° tangencial	97
Figura 4.32	FPMD x DENSIDADE – 90°-90° tangencial	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Determinação do coeficiente de fricção (μ)	25
Tabela 3.1	Base de dados composta de valores de força de corte ortogonal.	58
Tabela 4.1	Força normal máxima em corte 90°-0° radial	66
Tabela 4.2	Força normal máxima em corte 90°-0° tangencial	67
Tabela 4.3	Força normal máxima em corte 90°-90° radial	68
Tabela 4.4	Força normal máxima em corte 90°-90° tangencial	69
Tabela 4.5	Força normal média em corte 90°-0° radial	70
Tabela 4.6	Força normal média em corte 90°-0° tangencial	71
Tabela 4.7	Força normal média em corte 90°-90° radial	72
Tabela 4.8	Força normal média em corte 90°-90° tangencial	73
Tabela 4.9	Força paralela máxima em corte 90°-0° radial	74
Tabela 4.10	Força paralela máxima em corte 90°-0° tangencial	75
Tabela 4.11	Força paralela máxima em corte 90°-90° radial	76
Tabela 4.12	Força paralela máxima em corte 90°-90° tangencial	77
Tabela 4.13	Força paralela média em corte 90°-0° radial	78
Tabela 4.14	Força paralela média em corte 90°-0° tangencial	79
Tabela 4.15	Força paralela média em corte 90°-90° radial	80
Tabela 4.16	Força paralela média em corte 90°-90° tangencial	81
Tabela 4.17	Resultados de teste “t” para comparação de médias no corte 90°-0°	98
Tabela 4.18	Resultados de teste “t” para comparação de médias no corte 90°-90°	99
Tabela 4.19	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto grandis – direção tangencial	101
Tabela 4.20	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto saligna – direção tangencial	101
Tabela 4.21	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias. Eucalipto citriodora – direção tangencial	102
Tabela 4.22	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.	

	Eucalipto grandis – direção radial	102
Tabela 4.23	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.	
	Eucalipto saligna – direção radial	102
Tabela 4.24	Valores dos ângulos de saída ideais segundo as quatro metodologias.	
	Eucalipto citriodora – direção radial	103

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, L. H. **Estatística**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, Departamento de Ciências Exatas, 1981.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 6162; Movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais**. Rio de Janeiro, 1989. 37p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR 6163; Geometria da cunha de corte**. Rio de Janeiro, 1990. 45p.
- BLAPAIN, E. **Teoria y práctica de las herramientas de corte**. 2ed., Barcelona: Rosellón, 1966. 87-89p.
- DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. São Paulo: MM Editora, 1999.
- FRANZ, N. C. **An analysis of the wood-cutting process**. 1958, 152p., Ph.D. Thesis, Univ. Mich., Ann Arbor.
- GONÇALVES, M. T. T., RUFFINO, R. T.; **Proposta de metodologia para medição dos esforços de corte na usinagem da madeira**. São Carlos, 1993, 249p., Tese (Doutor em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

GONÇALVES, M. T. T., TEIXEIRA, M. C. **Relacionamento entre a força de corte e alguns parâmetros que interferem em sua grandeza.** São Carlos; Laboratório de Madeiras e Estruturas Metálicas - EESC - USP, 1995. 185p.

HAYGREEN, J. G., BOWYER, J. L. **Forest products and wood science.** Iowa State University Press, 1989.

HERNANDEZ, R. **Curso de Transformação Mecânica da Madeira em Serraria.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1998. (Notas de aula).

HOADLEY, R. B. **Understanding wood,** a craftsman's guide to wood technology. The Taunton Press, 1980. 256p.

KIVIMAA, E. **Cutting forces in woodworking.** Helsinki: The State Institute for Technical Research, 1950. (Publication 18).

KOCH, P. **Wood machining process.** New York: Ronald Press Co., 1964. 530p.

KOCH, P. **Utilization of hardwoods growing on southern pines sites.** New York: Ronald Press Co., 1985. v2, p 1687-2281. (Agriculture Handbook, n. 605).

McKENZIE, W. M. Fundamental aspects of the wood cutting process. **Forest Prod. J.,** v. 10, n. 9, p. 447-456. 1960.

NERI, A. C., 1998. **Medidas de forças de corte na madeira de eucalipto.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 153p.

PERRY, C. C., LISSNER, H. R.: **The strain gage ptimer.** New York: MacGraw-Hill, 1958.

RAMOS, I. **África do Sul, horizonte florestal do Brasil: 1ª viagem; o eucalipto, madeira de serraria na África do Sul, 2ª viagem.** São Paulo: Joruês, 1973.

SAFADI, T., & MORAIS, A. R. **Cálculo numérico.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, Dept.º de Ciências Exatas, 1995.

STEWART, H. A. Optimum rake angle related to selected properties of wood. **Forest Prod. J.**, v. 27, n. 1, p. 51-53, 1977.

WOODSON, G. E., KOCH, P. **Tool forces and chip formation in orthogonal cutting of loblolly pine.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1970. (Research Paper SO – 52).

WOODSON, G. E. **Tool forces and chip types in orthogonal cutting of southern hardwoods.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1979. (Research paper SO – 146).

ANEXO

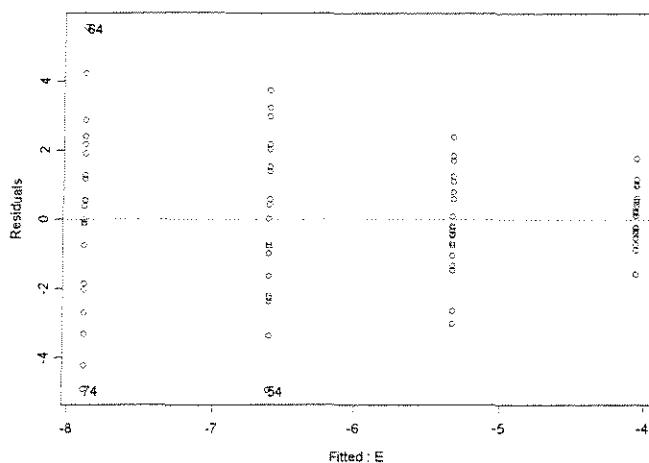
FORÇA NORMAL MÁXIMA

CORTE 90°-0° TANGENCIAL

• FORÇA x ESPESSURA

$\gamma=10^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call: `lm(formula = FNM ~ E, data = C90.0TGAA10FNMAX, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.7833	0.5340	-5.2123	0.0000
E	-3.3487	0.5118	-6.5433	0.0000

Residual standard error: 1.95 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3544

F-statistic: 42.81 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 5.746e-009

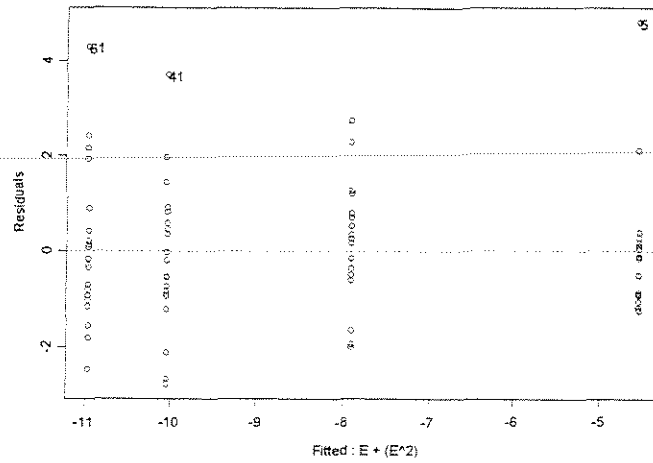
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	162.7822	162.7822	42.81493	5.745856e-009
Residuals	78	296.5558	3.8020		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call: `lm(formula = FNM ~ E + (E^2), data = S90.0TGAA10FNMAX, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.0072	0.9042	0.0080	0.9937
E	-13.5896	2.1650	-6.2768	0.0000
I(E^2)	4.1911	1.1187	3.7463	0.0003

Residual standard error: 1.453 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7494

F-statistic: 115.1 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

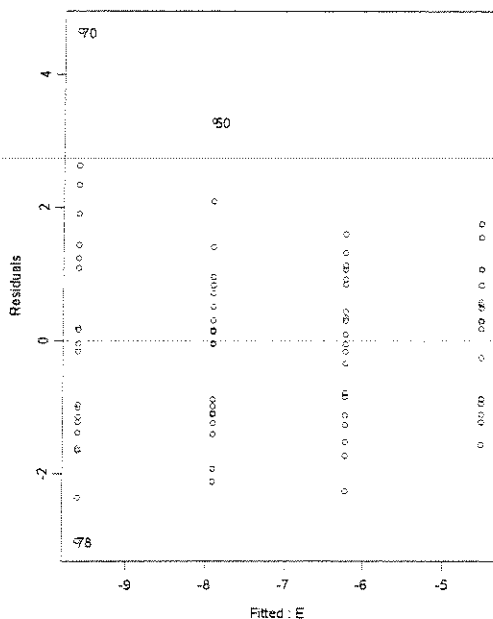
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	456.1090	456.1090	216.1812	0.000000000
I(E^2)	1	29.6111	29.6111	14.0347	0.000344726
Residuals	77	162.4582	2.1098		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNM ~ E, data = G90TGAA10FNMAX, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-2.833594 -4.447411
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.376455

```
Call: lm(formula = FNM ~ E, data = G90TGAA10FNMAX, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.8336	0.3770	-7.5170	0.0000
E	-4.4474	0.3613	-12.3103	0.0000

Residual standard error: 1.376 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6602

F-statistic: 151.5 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

```
(Intercept)
E -0.9129
```

Analysis of Variance Table

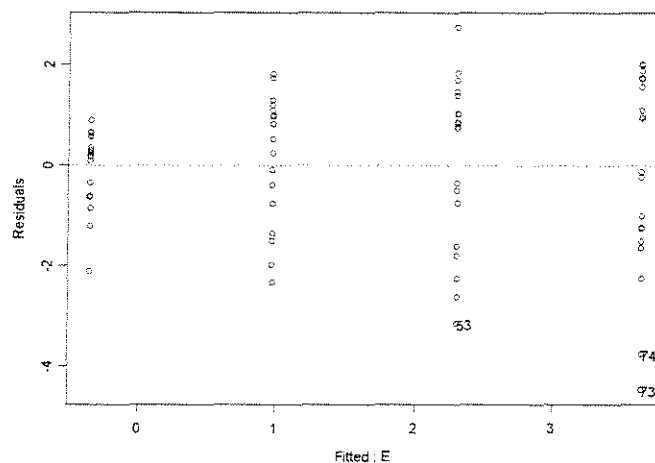
Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	287.1206	287.1206	151.5446	0
Residuals	78	147.7809	1.8946		

 $\gamma=20^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNM ~ E, data = C90.0TGAA20FNMAX, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.6797	0.4026	-4.1722	0.0001
E	3.4830	0.3858	9.0268	0.0000

Residual standard error: 1.47 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.5109

F-statistic: 81.48 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 9.57e-014

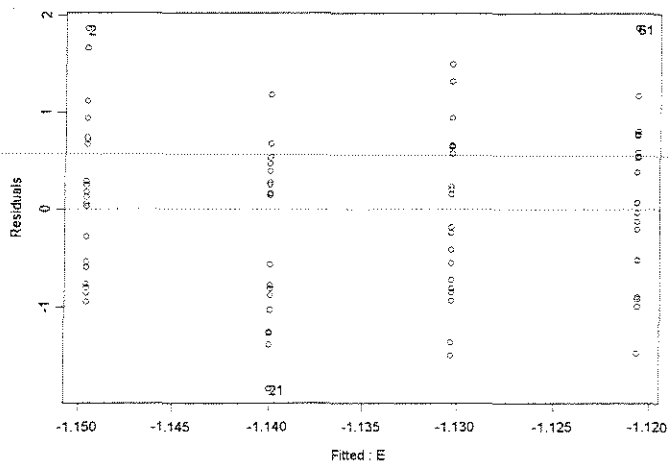
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	176.0956	176.0956	81.4829	9.570122e-014
Residuals	78	168.5686	2.1611		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNM ~ E, data = S90.0TGAA20FNMAX, na.action = na.omit)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.844	-0.7681	0.145	0.5988	1.874

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.1593	0.2319	-4.9986	0.0000
E	0.0254	0.2223	0.1141	0.9095

Residual standard error: 0.8469 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.0001668

F-statistic: 0.01302 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.9095

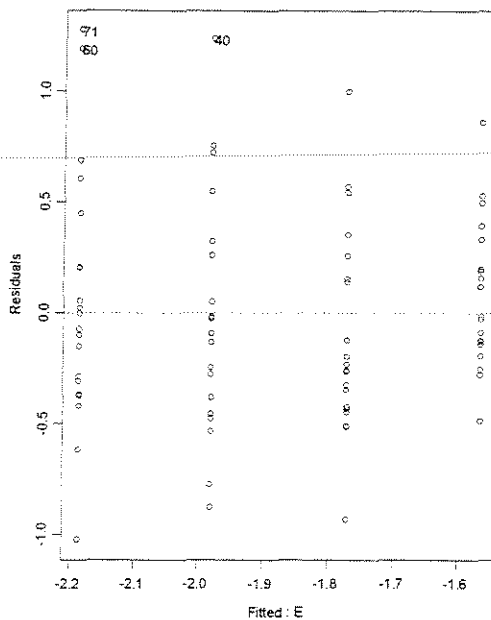
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	0.00934	0.0093351	0.01301633	0.9094603
Residuals	78	55.94057	0.7171868		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNM ~ E, data = G90.0TGAA20FNMAX, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.3570	0.1352	-10.0399	0.0000
E	-0.5448	0.1288	-4.2290	0.0001

Residual standard error: 0.4852 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1885

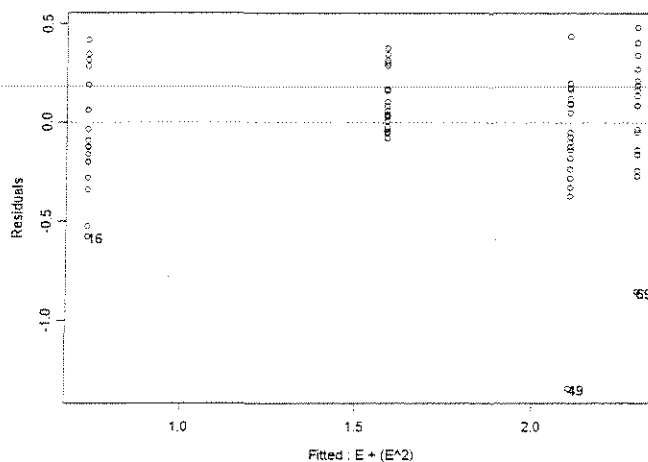
F-statistic: 17.88 on 1 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0.00006402

Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.21108	4.211076	17.88481	0.00006402167
Residuals	77	18.13007	0.235455		

$\gamma=30^\circ$ **CITRIODORA**

```
*** Linear Model ***
```

```
Call: lm(formula = LN.FNM. ~ E + (E^2), data = C90.0TGAA30LN.FNMAX.,
na.action = na.omit
)
```

```
Residuals:
```

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.352 -0.1406  0.03169  0.1845  0.481
```

```
Coefficients:
```

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.4480	0.1896	-2.3627	0.0207
E	3.5419	0.4523	7.8307	0.0000
I(E^2)	-1.1453	0.2333	-4.9098	0.0000

```
Residual standard error: 0.299 on 75 degrees of freedom
```

```
Multiple R-Squared: 0.8076
```

```
F-statistic: 157.4 on 2 and 75 degrees of freedom, the p-value is 0
```

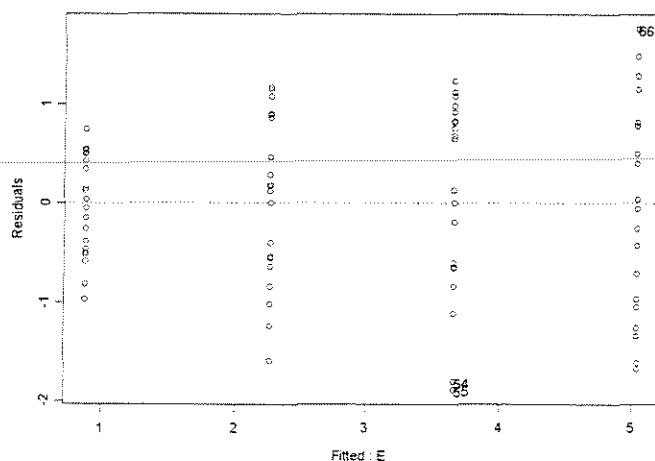
```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: LN.FNM.
```

```
Terms added sequentially (first to last)
```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	25.99966	25.99966	290.7689	0.000000e+000
I(E^2)	1	2.15552	2.15552	24.1064	5.186049e-006
Residuals	75	6.70627	0.08942		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNM ~ E, data = S90.0TGAA30FNMAX, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.5080	0.2385	-2.1304	0.0363
E	3.6412	0.2285	15.9330	0.0000

Residual standard error: 0.8707 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.765

F-statistic: 253.9 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

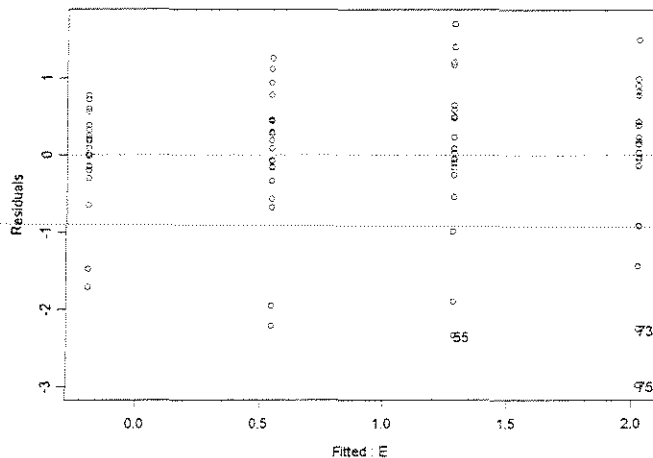
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	192.4544	192.4544	253.8596	0
Residuals	78	59.1329	0.7581		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNM ~ E, data = G90.0TGAA30FNMAX, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.9313	0.2498	-3.7276	0.0004
E	1.9392	0.2394	8.0986	0.0000

Residual standard error: 0.9123 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4568

F-statistic: 65.59 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 6.063e-012

Analysis of Variance Table

Response: FNM

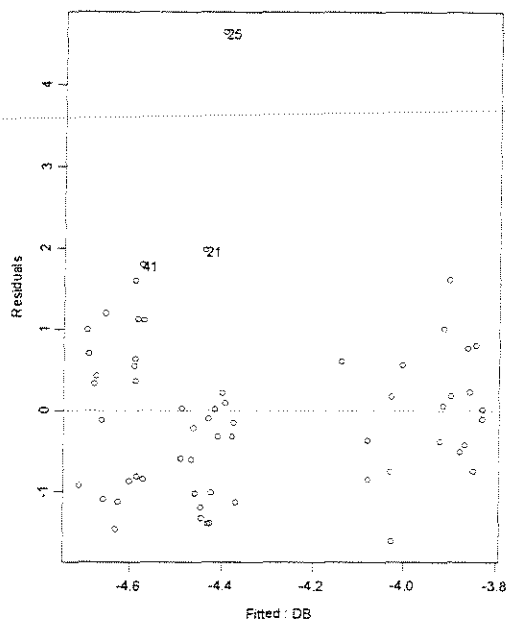
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	54.58671	54.58671	65.58652	6.062706e-012
Residuals	78	64.91827	0.83229		

- **FORÇA x DENSIDADE BÁSICA**

$$\gamma = 10^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA10, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-5.243778 1.457235

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.081775

Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA10, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.2438	0.4507	-11.6342	0.0000
DB	1.4572	0.6847	2.1283	0.0376

Residual standard error: 1.082 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.07244
F-statistic: 4.53 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.03757

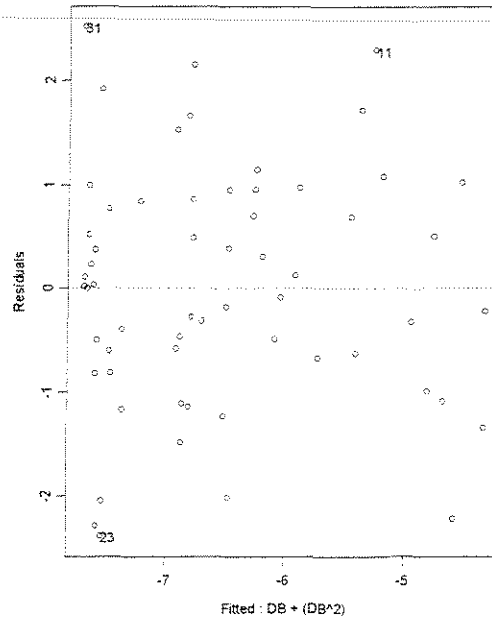
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5.30077	5.300772	4.529653	0.03757238
Residuals	58	67.87381	1.170238		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA10,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
3.610457 -36.11676 28.79252

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.1794

Call: lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA10,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.6105	2.3051	1.5663	0.1228
DB	-36.1168	7.3717	-4.8994	0.0000
I(DB^2)	28.7925	5.3955	5.3363	0.0000

Residual standard error: 1.179 on 57 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.4403
 F-statistic: 22.42 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 6.567e-008

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	DB
DB	-0.9925	
I(DB^2)	0.9770	-0.9949

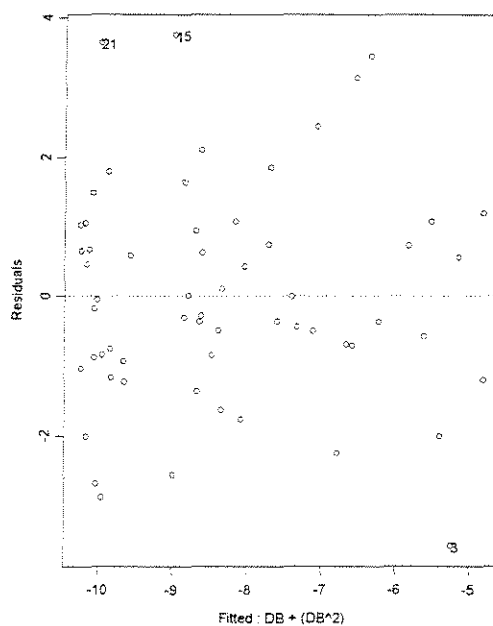
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	22.75444	22.75444	16.35853	0.0001593326
I(DB^2)	1	39.61047	39.61047	28.47659	0.0000017056
Residuals	57	79.28607	1.39098		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA10,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
9.209021	-61.62317	48.61629

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 1.614749

Call: lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA10,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.2090	3.1559	2.9180	0.0050
DB	-61.6232	10.0929	-6.1056	0.0000
I(DB^2)	48.6163	7.3872	6.5812	0.0000

Residual standard error: 1.615 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.5224

F-statistic: 31.17 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 7.148e-010

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	DB
DB	-0.9925	
I(DB^2)	0.9770	-0.9949

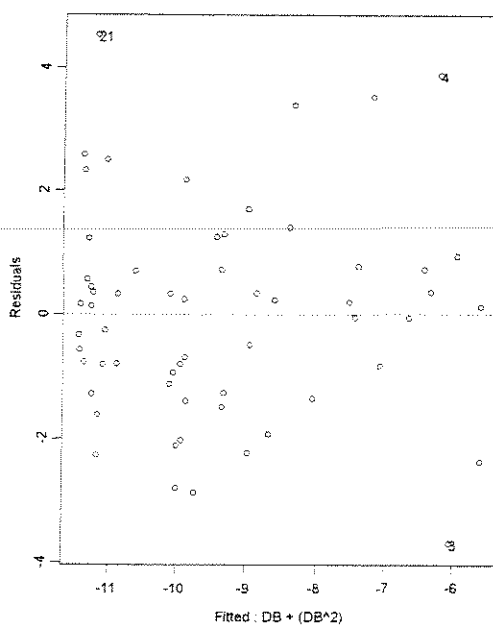
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	49.6108	49.6108	19.02681	0.00005469381
I(DB^2)	1	112.9313	112.9313	43.31162	0.00000001582
Residuals	57	148.6226	2.6074		

ESPESSURA 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA10,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
8.059579 -62.40054 49.8059

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.740881

Call: lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA10,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8.0596	3.4024	2.3688	0.0213
DB	-62.4005	10.8812	-5.7347	0.0000
I(DB^2)	49.8059	7.9642	6.2537	0.0000

Residual standard error: 1.741 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5219
F-statistic: 31.11 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 7.345e-010

Correlation of Coefficients:

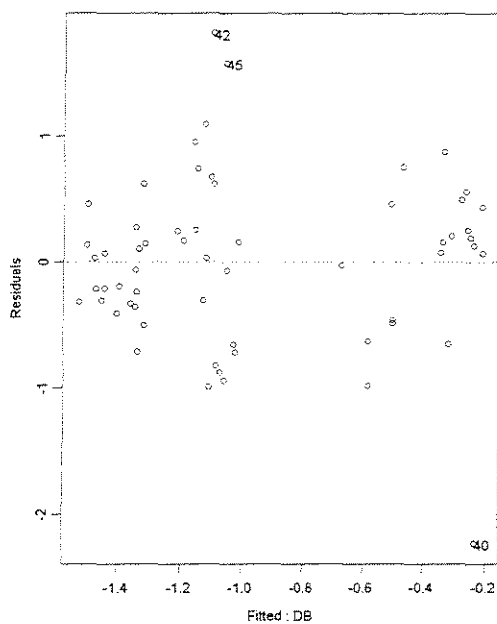
	(Intercept)	DB
DB	-0.9925	
I(DB^2)	0.9770	-0.9949

Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	70.0568	70.0568	23.11597	1.15301e-005
I(DB^2)	1	118.5256	118.5256	39.10876	5.50700e-008
Residuals	57	172.7481	3.0307		

 $\gamma = 20^\circ$ **ESPESSURA = 0,381mm**

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA20, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-2.31604  2.170099
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.6658444

```
Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA20, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.3160  0.2773   -8.3533  0.0000
```

DB 2.1701 0.4213 5.1514 0.0000

Residual standard error: 0.6658 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3139

F-statistic: 26.54 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 3.239e-006

Correlation of Coefficients:

(Intercept)

DB -0.9507

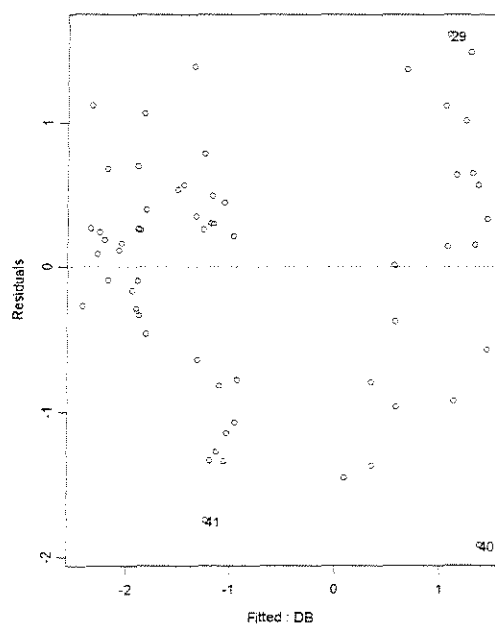
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11.76505	11.76505	26.53678	3.239029e-006
Residuals	58	25.71423	0.44335		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA20, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept) DB
-4.767957 6.411127

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.84672

Call: `lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA20, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.7680	0.3526	-13.5231	0.0000
DB	6.4111	0.5357	11.9677	0.0000

Residual standard error: 0.8467 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7118
F-statistic: 143.2 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

(Intercept)
DB -0.9507

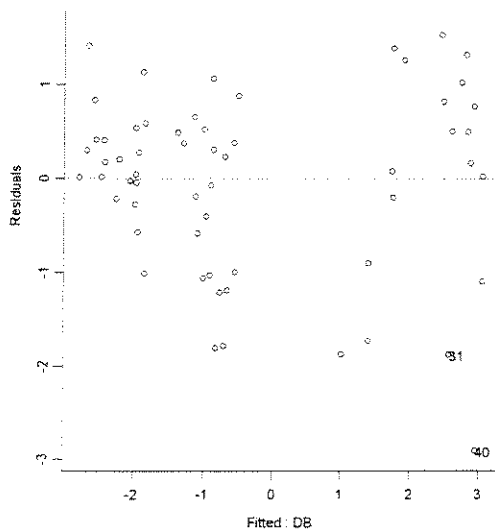
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	102.6841	102.6841	143.2266	0
Residuals	58	41.5822	0.7169		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
`lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA20, na.action = na.omit)`

Coefficients:

(Intercept) DB
-6.258332 9.595574

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.021079

Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA20, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.2583	0.4252	-14.7191	0.0000
DB	9.5956	0.6460	14.8535	0.0000

Residual standard error: 1.021 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7918

F-statistic: 220.6 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

(Intercept)
DB -0.9507

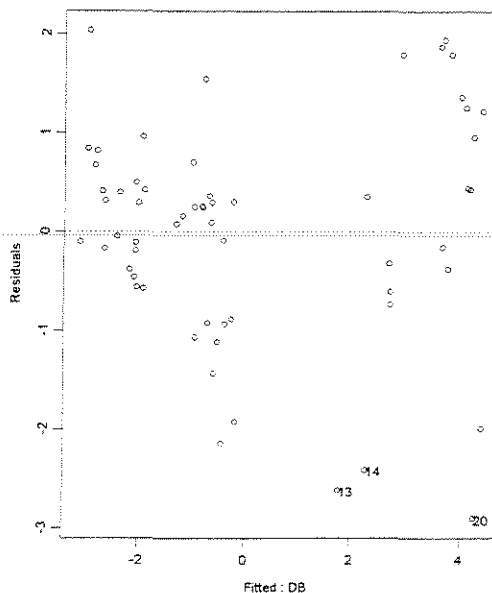
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	230.0257	230.0257	220.6263	0
Residuals	58	60.4710	1.0426		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA20, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-7.612001 12.37779

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.12796

Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA20, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.6120	0.4697	-16.2065	0.0000
DB	12.3778	0.7136	17.3447	0.0000

Residual standard error: 1.128 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8384
F-statistic: 300.8 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:
(Intercept)
DB -0.9507

Analysis of Variance Table

Response: FNM

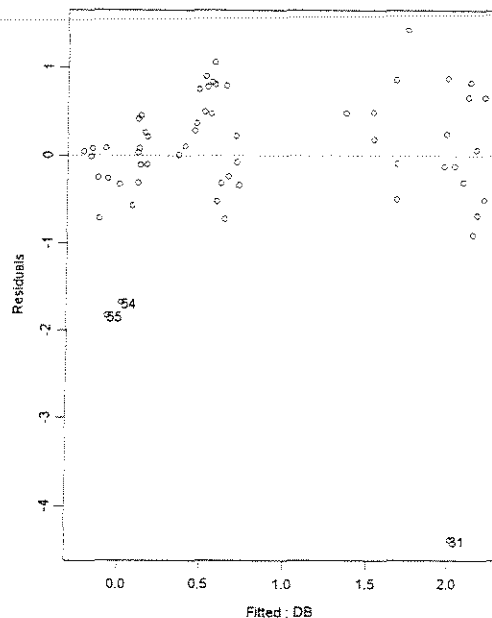
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	382.7547	382.7547	300.8385	0

Residuals 58 73.7930 1.2723

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA30, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-1.686249  4.021505
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.8479328

```
Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE0381AA30, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.6862	0.3531	-4.7758	0.0000
DB	4.0215	0.5365	7.4963	0.0000

Residual standard error: 0.8479 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4921

F-statistic: 56.19 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 4.295e-010

Correlation of Coefficients:

(Intercept)
DB -0.9507

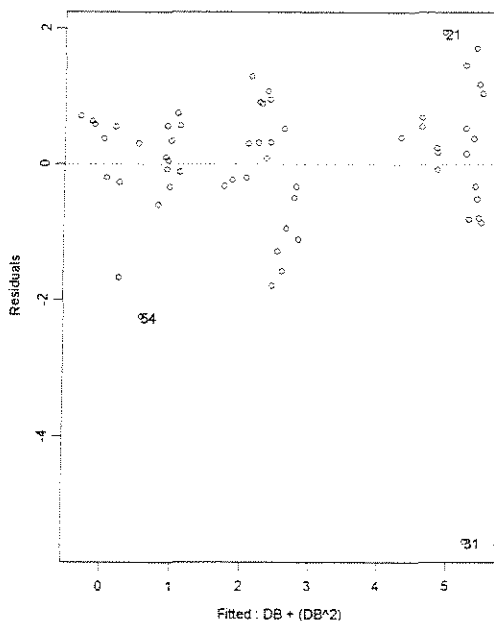
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	40.40282	40.40282	56.19386	4.294565e-010
Residuals	58	41.70142	0.71899		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA30,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
-7.486121  23.44791 -10.39414
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 1.135303

```
Call: lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE0762AA30,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -7.4861  2.2205  -3.3713  0.0013
```


	DB	23.4479	7.1030	3.3011	0.0017
	I(DB^2)	-10.3941	5.1992	-1.9992	0.0504

Residual standard error: 1.135 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7515

F-statistic: 86.19 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	DB
DB	-0.9925	
I(DB^2)	0.9771	-0.9949

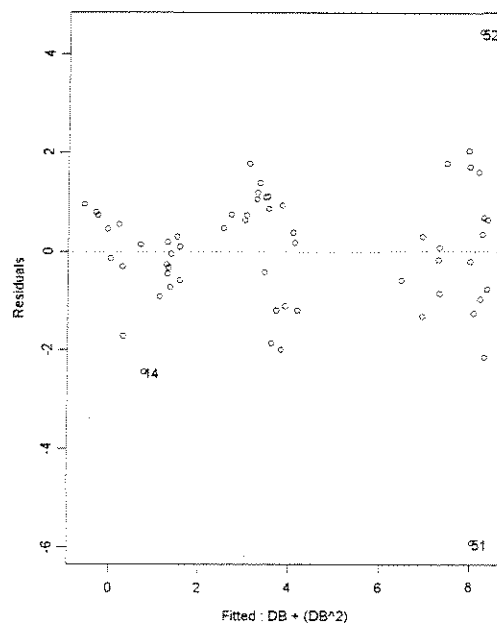
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	217.0298	217.0298	168.3821	0.00000000
I(DB^2)	1	5.1513	5.1513	3.9967	0.05036617
Residuals	57	73.4680	1.2889		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA30,

na.action =

na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
-11.18858	34.57704	-14.84792

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.441895

Call: `lm(formula = FNM ~ DB + (DB^2), data = FNMAX.x.DENSBASE1143AA30,
na.action =
na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.1886	2.8202	-3.9673	0.0002
DB	34.5770	9.0212	3.8329	0.0003
I(DB^2)	-14.8479	6.6033	-2.2486	0.0284

Residual standard error: 1.442 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8168
F-statistic: 127 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	DB
DB	-0.9925	
I(DB^2)	0.9771	-0.9949

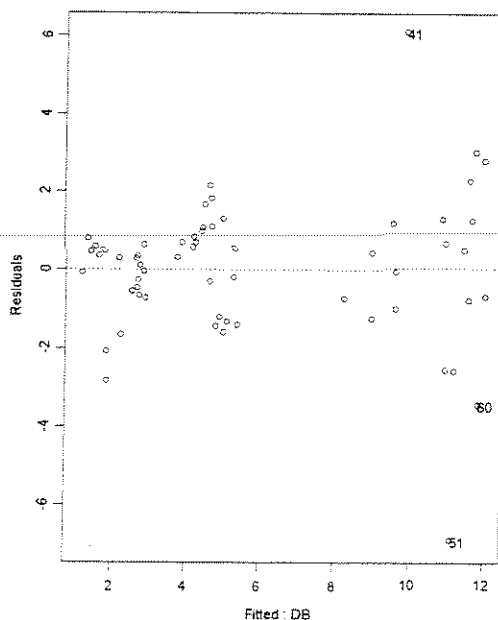
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	517.7679	517.7679	249.0394	0.00000000
I(DB^2)	1	10.5117	10.5117	5.0560	0.02842337
Residuals	57	118.5064	2.0791		

ESPESSURA = 1,524mm



```
lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA30, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-5.320799  17.88347
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.805327

```
Call: lm(formula = FNM ~ DB, data = FNMAX.x.DENSBASE1524AA30, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.3208	0.7517	-7.0779	0.0000
DB	17.8835	1.1422	15.6572	0.0000

Residual standard error: 1.805 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8087

F-statistic: 245.1 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

```
(Intercept)
DB -0.9507
```

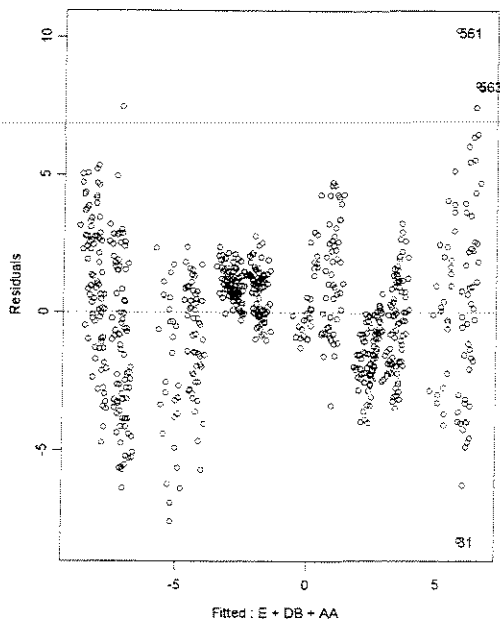
Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	798.9842	798.9842	245.147	0
Residuals	58	189.0339	3.2592		

FORÇA x (DENSIDADE BÁSICA + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA)



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNM ~ E + DB + AA, data = FNMAX.x..DENSBAS...ESP...AA.,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E DB AA
-16.88739 0.3044207 7.424642 30.24633

Degrees of freedom: 720 total; 716 residual
Residual standard error: 2.40719

Call: lm(formula = FNM ~ E + DB + AA, data =
FNMAX.x..DENSBAS...ESP...AA., na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-16.8874	0.4151	-40.6806	0.0000
E	0.3044	0.2106	1.4455	0.1488
DB	7.4246	0.4397	16.8855	0.0000
AA	30.2463	0.6295	48.0463	0.0000

Residual standard error: 2.407 on 716 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7838
F-statistic: 865.1 on 3 and 716 degrees of freedom, the p-value is 0
Correlation of Coefficients:
(Intercept) E DB
E -0.4832

DB -0.6630 0.0000
 AA -0.5296 0.0000 0.0003

Analysis of Variance Table

Response: FNM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	12.11	12.11	2.089	0.1487625
DB	1	1649.33	1649.33	284.633	0.0000000
AA	1	13376.47	13376.47	2308.452	0.0000000
Residuals	716	4148.91	5.79		

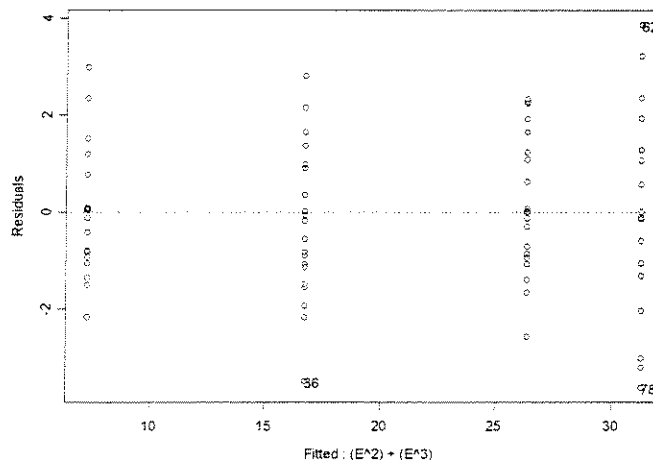
FORÇA NORMAL MÁXIMA

CORTE 90°-90° RADIAL

• FORÇA x ESPESSURA

$\gamma=20^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FNMAX ~ (E^2) + (E^3), data = CFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) I(E^2) I(E^3)
 3.031258 35.00175 -14.97999

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
 Residual standard error: 1.635765

Call: lm(formula = FNMAX ~ (E^2) + (E^3), data = CFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action =
 =

```
na.omit)
```

```
Coefficients:
```

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.0313	0.4862	6.2348	0.0000
I(E^2)	35.0018	1.6161	21.6582	0.0000
I(E^3)	-14.9800	0.9855	-15.2011	0.0000

```
Residual standard error: 1.636 on 77 degrees of freedom
```

```
Multiple R-Squared: 0.9706
```

```
F-statistic: 1272 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0
```

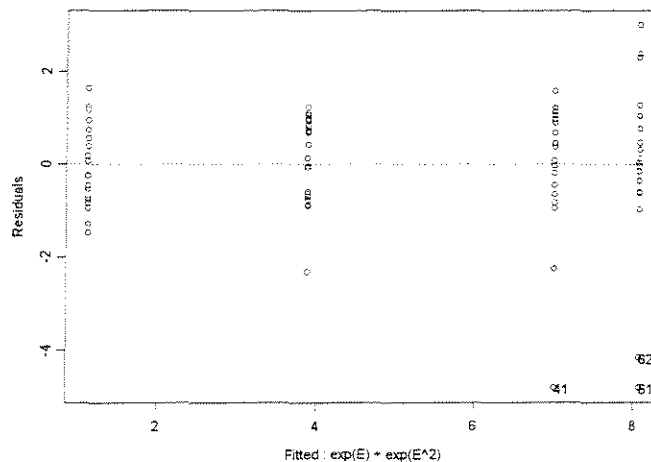
```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: FNMAX
```

```
Terms added sequentially (first to last)
```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(E^2)	1	6187.058	6187.058	2312.290	0
I(E^3)	1	618.286	618.286	231.072	0
Residuals	77	206.031	2.676		

SALIGNA



```
*** Linear Model ***
```

```
Call:
```

```
lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data = SFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
```

(Intercept)	exp(E)	exp(E^2)
-4.999251	4.93636	-0.9392661

```
Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
```

```
Residual standard error: 1.342441
```

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data = SFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
```

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.9993	0.7458	-6.7035	0.0000
exp(E)	4.9364	0.4716	10.4678	0.0000
exp(E^2)	-0.9393	0.1548	-6.0690	0.0000

Residual standard error: 1.342 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8103

F-statistic: 164.5 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

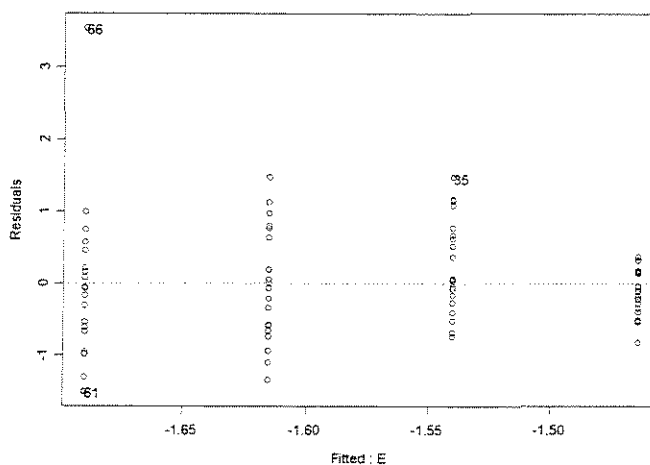
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(E)	1	526.4140	526.4140	292.1037	0.000000e+000
exp(E^2)	1	66.3773	66.3773	36.8323	4.519981e-008
Residuals	77	138.7654	1.8021		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E
-1.389505	-0.197396

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.7704234

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.3895	0.2110	-6.5857	0.0000
E	-0.1974	0.2022	-0.9762	0.3320

Residual standard error: 0.7704 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.01207

F-statistic: 0.9529 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.332

Analysis of Variance Table

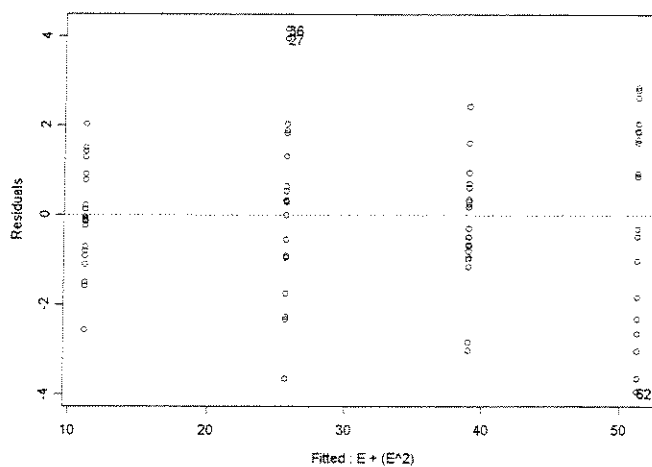
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	0.56562	0.5656225	0.9529447	0.3319888
Residuals	78	46.29708	0.5935523		

$\gamma=30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	-4.321219	-3.766507

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.748403

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.3212	1.0884	-3.9704	0.0002
E	42.2206	2.6060	16.2010	0.0000
I(E^2)	-3.7665	1.3466	-2.7970	0.0065

Residual standard error: 1.748 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.987

F-statistic: 2920 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

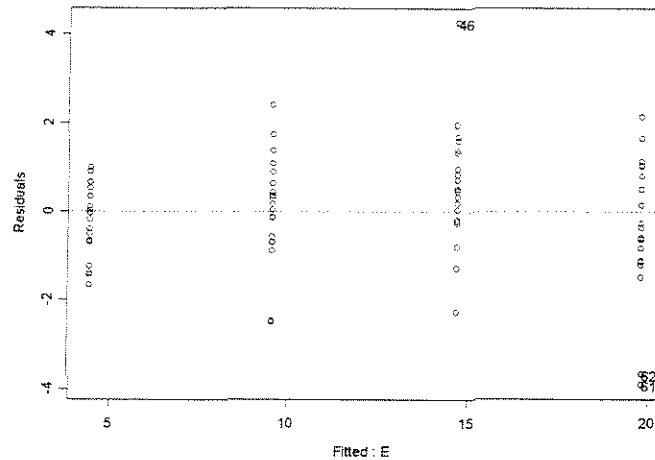
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	17828.34	17828.34	5832.142	0.000000000
I(E^2)	1	23.91	23.91	7.823	0.006511624
Residuals	77	235.38	3.06		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E
-0.6291429	13.42752

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.302245

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.6291	0.3566	-1.7641	0.0816
E	13.4275	0.3418	39.2851	0.0000

Residual standard error: 1.302 on 78 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9519

F-statistic: 1543 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

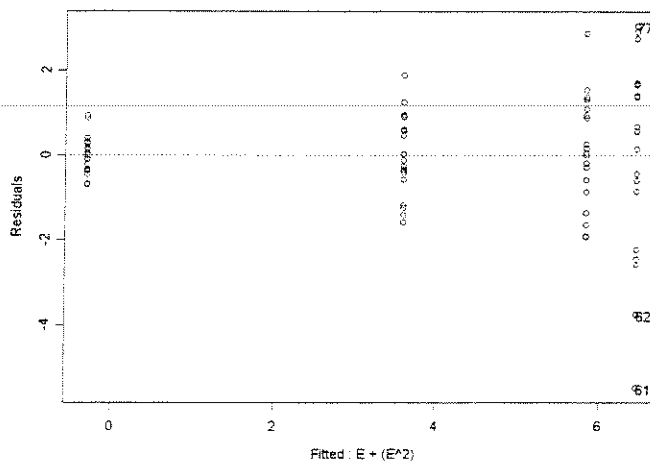
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	2617.227	2617.227	1543.32	0

Residuals 78 132.276 1.696

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = GFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
-5.828753	16.67421	-5.65078

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 1.426349

Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = GFNMAX90.90RDAA30xESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.8288	0.8879	-6.5647	0.0000
E	16.6742	2.1260	7.8430	0.0000
I(E^2)	-5.6508	1.0986	-5.1437	0.0000

Residual standard error: 1.426 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7816

F-statistic: 137.8 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

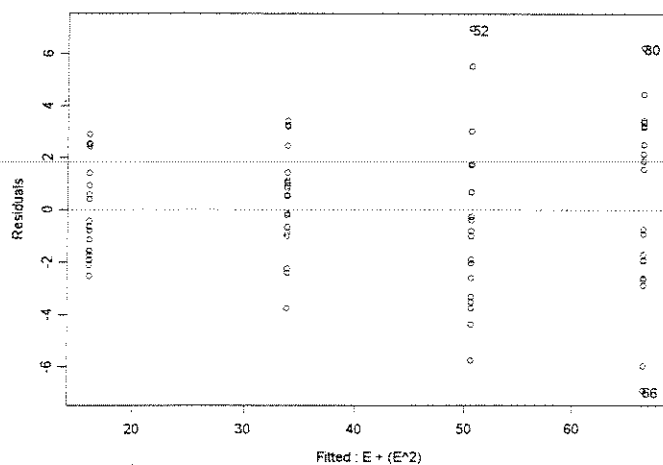
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	506.9300	506.9300	249.1704	0.000000e+000
I(E^2)	1	53.8278	53.8278	26.4579	1.995792e-006
Residuals	77	156.6543	2.0345		

$\gamma=40^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
-2.836831 50.84691 -3.620333

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 2.748932

Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.8368	1.7112	-1.6578	0.1014
E	50.8469	4.0974	12.4097	0.0000
I(E^2)	-3.6203	2.1172	-1.7099	0.0913

Residual standard error: 2.749 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9797
F-statistic: 1857 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

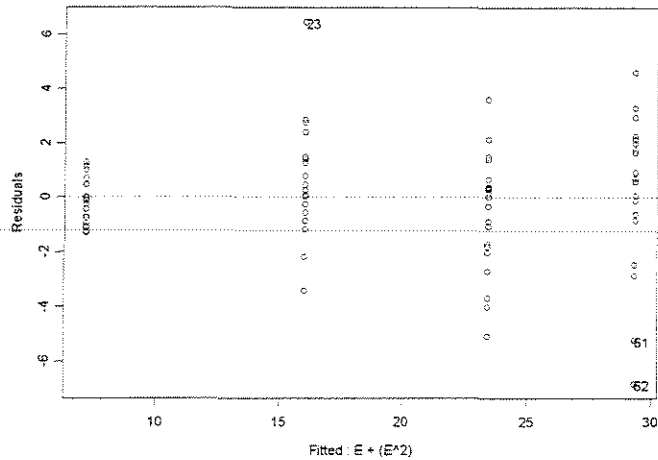
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	28039.56	28039.56	3710.592	0.000000
I(E^2)	1	22.09	22.09	2.924	0.091305
Residuals	77	581.86	7.56		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = SFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
-3.116086 28.89277 -4.983725

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 2.157554

Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = SFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.1161	1.3431	-2.3201	0.0230
E	28.8928	3.2159	8.9844	0.0000
I(E^2)	-4.9837	1.6618	-2.9991	0.0036

Residual standard error: 2.158 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9389
F-statistic: 591.2 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

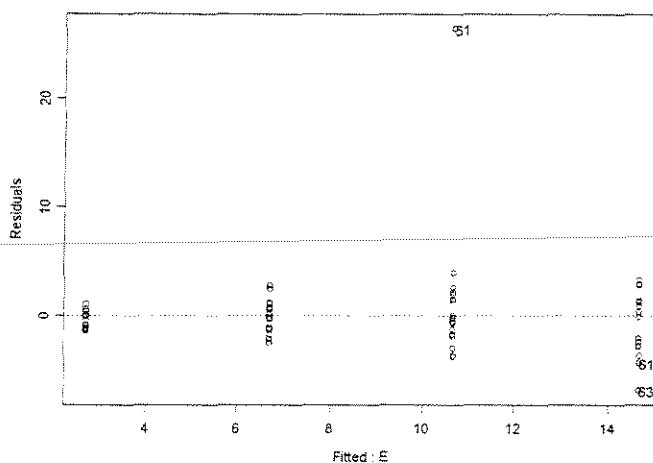
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	5462.586	5462.586	1173.478	0.000000000
I(E^2)	1	41.870	41.870	8.994	0.003646011
Residuals	77	358.438	4.655		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-1.258598  10.43056
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 3.576027

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2586	0.9793	-1.2852	0.2025
E	10.4306	0.9386	11.1130	0.0000

Residual standard error: 3.576 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6129

F-statistic: 123.5 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

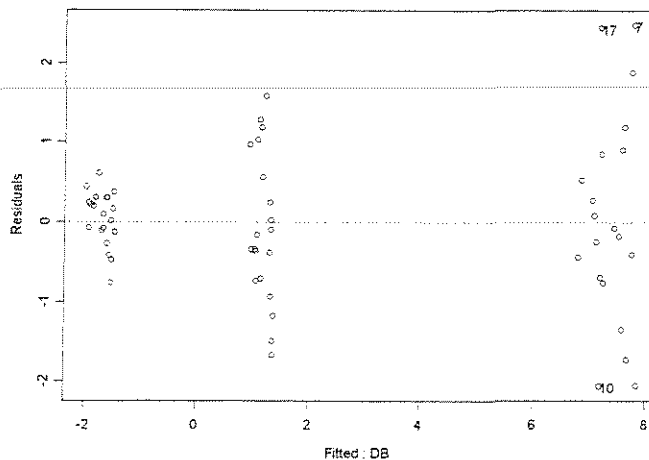
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1579.303	1579.303	123.4992	0
Residuals	78	997.461	12.788		

- **FORÇA x DENSIDADE BÁSICA**

$$\gamma = 20^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0381AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept)      DB
-8.883163  17.69612

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.9549198

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0381AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
                Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -8.8832   0.3845  -23.1025  0.0000
            DB  17.6961   0.5769   30.6740  0.0000

Residual standard error: 0.9549 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9419
F-statistic: 940.9 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

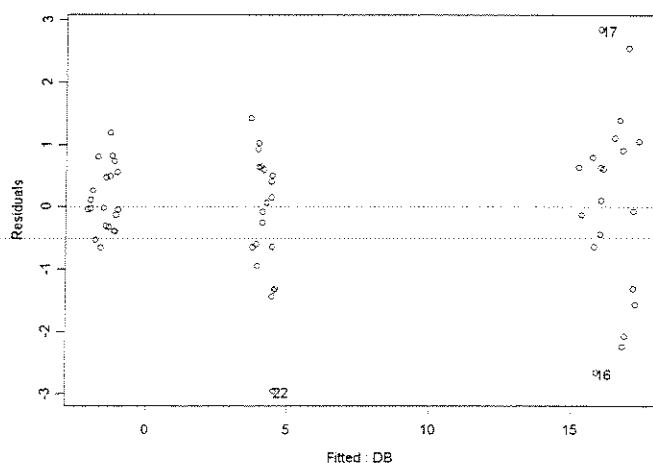
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq  F Value Pr(>F)
      DB  1  857.9738  857.9738  940.8931    0
Residuals 58   52.8886   0.9119

```

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-15.6111 34.85221

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.10087

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.6111 0.4433 -35.2173 0.0000
DB 34.8522 0.6651 52.4027 0.0000

Residual standard error: 1.101 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9793
F-statistic: 2746 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

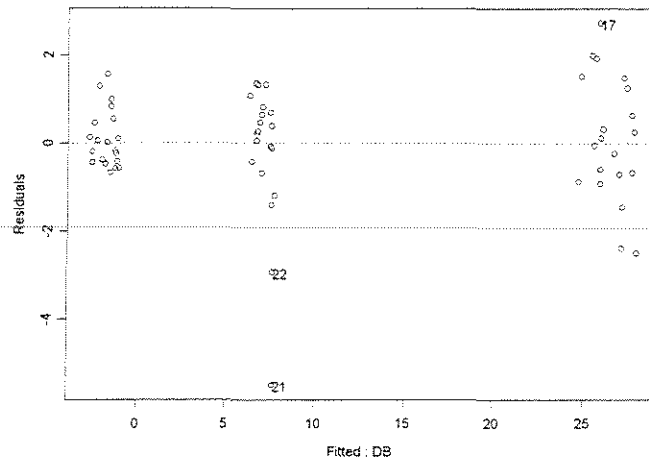
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3327.965	3327.965	2746.041	0
Residuals	58	70.291	1.212		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-24.23221 55.22913

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.303981

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-24.2322	0.5251	-46.1509	0.0000
DB	55.2291	0.7878	70.1061	0.0000

Residual standard error: 1.304 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9883
F-statistic: 4915 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

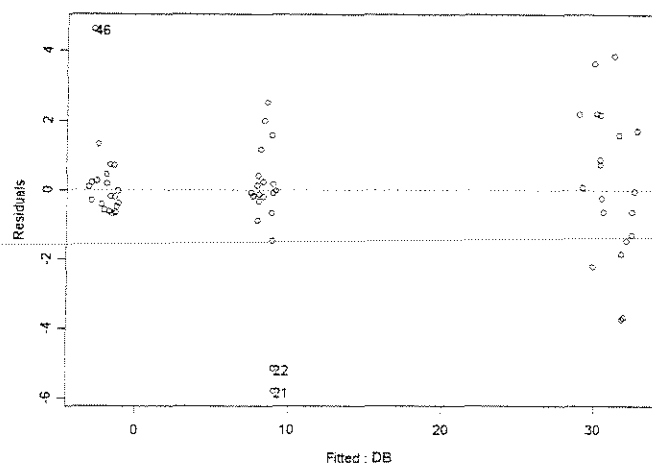
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	8357.078	8357.078	4914.871	0
Residuals	58	98.621	1.700		

ESPESSURA 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA20xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-28.31589  64.69331
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.832913

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA20xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-28.3159	0.7380	-38.3660	0.0000
DB	64.6933	1.1073	58.4220	0.0000

Residual standard error: 1.833 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9833

F-statistic: 3413 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

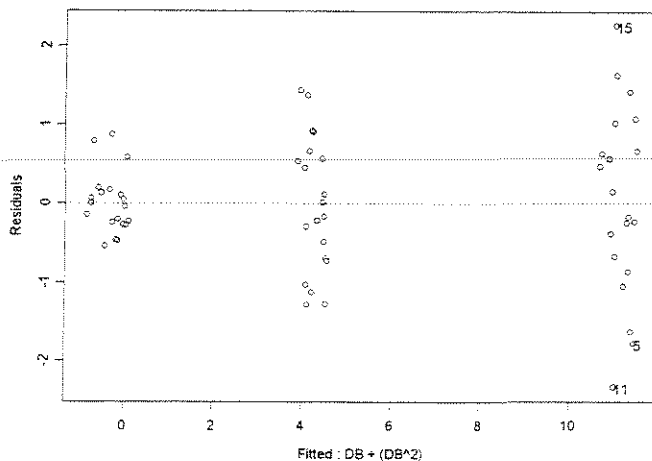
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11466.66	11466.66	3413.131	0
Residuals	58	194.86	3.36		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0381AA30xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-15.87449 45.29208 -17.31364

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.8783829

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0381AA30xDENS,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-15.8745	1.7815	-8.9107	0.0000
DB	45.2921	5.7869	7.8267	0.0000
I(DB^2)	-17.3136	4.2590	-4.0652	0.0001

Residual standard error: 0.8784 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9678
F-statistic: 857.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

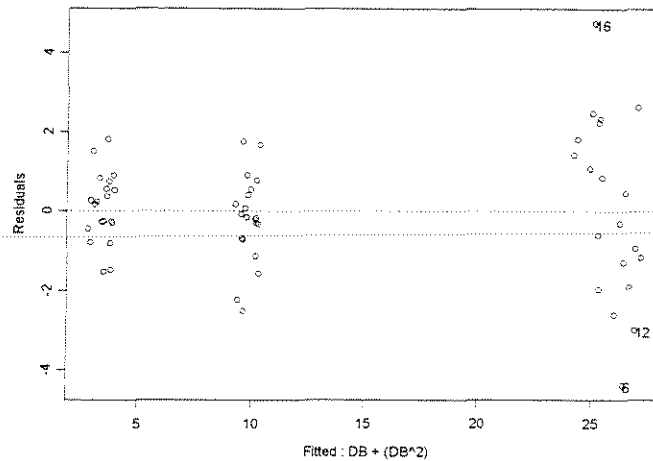
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1309.979	1309.979	1697.840	0.0000000000
I(DB^2)	1	12.751	12.751	16.526	0.0001487899
Residuals	57	43.979	0.772		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0762AA30xDENS, na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB  I(DB^2)
-9.957687  28.32692 11.57144
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.562684

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0762AA30xDENS,
na.action
    = na.omit)
```

Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.387 -0.795 -0.116  0.8362  4.729
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-9.9577	3.1694	-3.1418	0.0027
DB	28.3269	10.2952	2.7515	0.0079
I(DB^2)	11.5714	7.5769	1.5272	0.1322

Residual standard error: 1.563 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9744

F-statistic: 1086 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	DB
DB	-0.9932	
I(DB^2)	0.9801	-0.9958

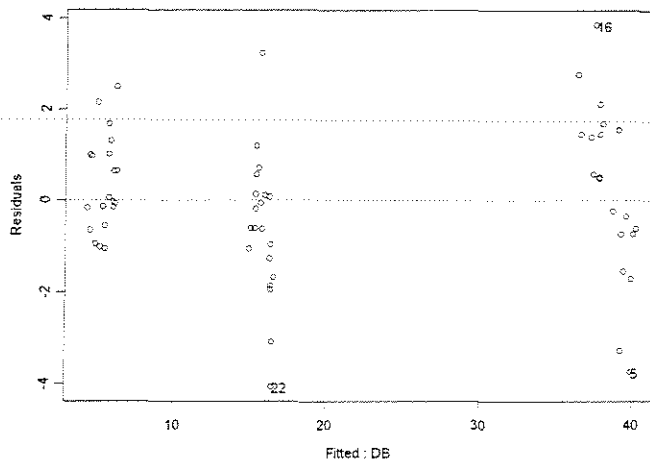
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5300.252	5300.252	2170.471	0.0000000
I(DB^2)	1	5.696	5.696	2.332	0.1322422
Residuals	57	139.193	2.442		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-20.84313 64.63456

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.594358

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-20.8431	0.6420	-32.4665	0.0000
DB	64.6346	0.9632	67.1024	0.0000

Residual standard error: 1.594 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9873
F-statistic: 4503 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

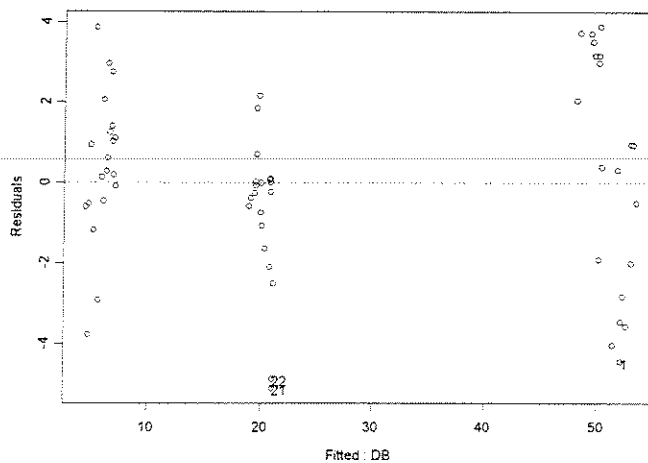
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11445.84	11445.84	4502.729	0
Residuals	58	147.43	2.54		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-29.90876 88.16498

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.311095

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-29.9088	0.9306	-32.1395	0.0000
DB	88.1650	1.3962	63.1448	0.0000

Residual standard error: 2.311 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9857
F-statistic: 3987 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

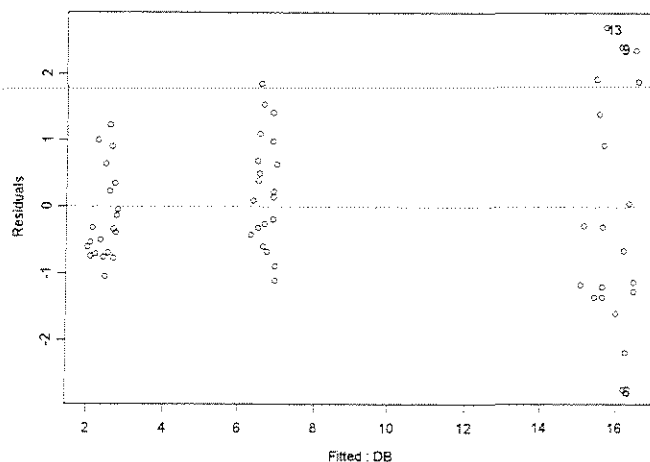
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	21296.60	21296.60	3987.26	0
Residuals	58	309.79	5.34		

$\gamma = 40^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-8.246086 26.31134

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.15438

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.2461	0.4648	-17.7401	0.0000
DB	26.3113	0.6974	37.7271	0.0000

Residual standard error: 1.154 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9608
F-statistic: 1423 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

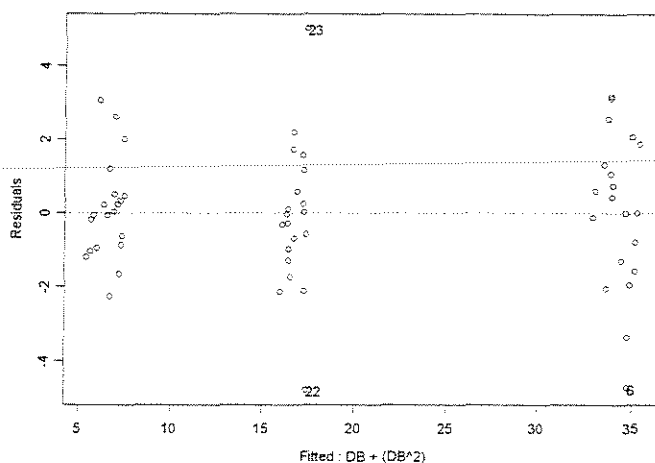
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1896.724	1896.724	1423.333	0
Residuals	58	77.290	1.333		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0762AA40xDENS, na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
-25.28353  88.96204 -26.24092
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 1.849227

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.90RDESP0762AA40xDENS,
na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-25.2835	3.7505	-6.7413	0.0000
DB	88.9620	12.1830	7.3022	0.0000
I(DB^2)	-26.2409	8.9663	-2.9266	0.0049

Residual standard error: 1.849 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9758

F-statistic: 1149 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

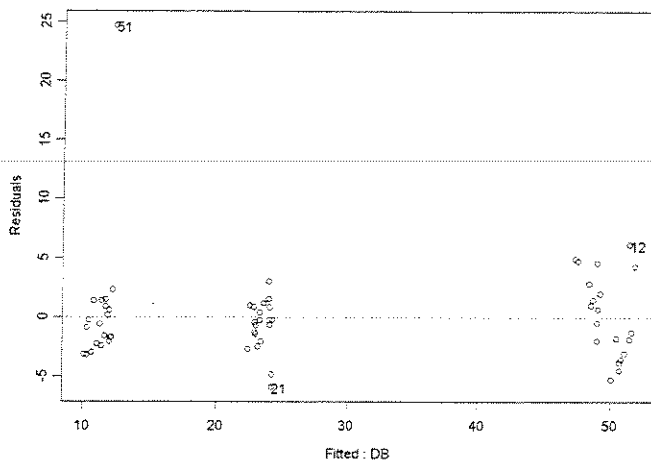
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	7829.459	7829.459	2289.557	0.000000000
I(DB^2)	1	29.290	29.290	8.565	0.004914194
Residuals	57	194.919	3.420		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-19.19576 75.11704

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 4.167642

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-19.1958	1.6782	-11.4386	0.0000
DB	75.1170	2.5179	29.8337	0.0000

Residual standard error: 4.168 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9388
F-statistic: 890 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

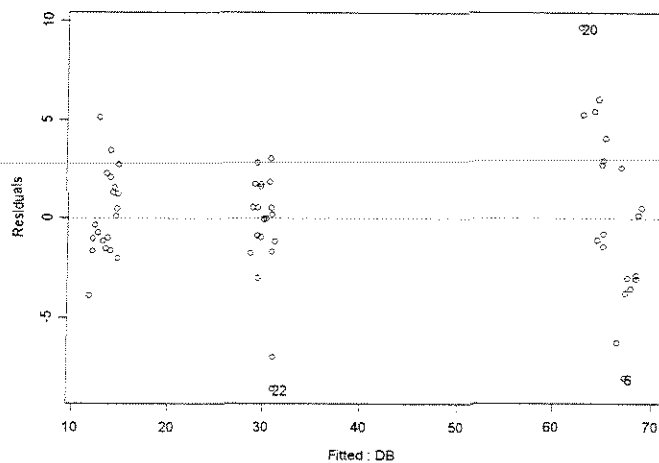
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	15459.48	15459.48	890.0496	0
Residuals	58	1007.42	17.37		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-28.40072 102.9553

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 3.350341

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90RDESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-28.4007	1.3491	-21.0522	0.0000
DB	102.9553	2.0241	50.8650	0.0000

Residual standard error: 3.35 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9781
F-statistic: 2587 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

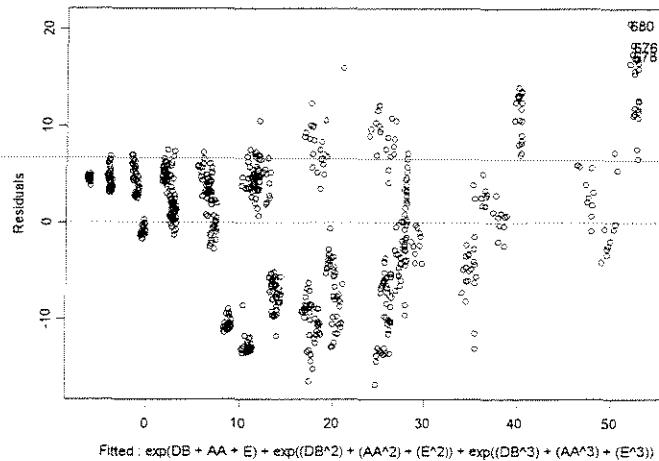
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	29041.27	29041.27	2587.246	0
Residuals	58	651.04	11.22		

FORÇA x (DENSIDADE BÁSICA + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA)



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ exp(DB + AA + E) + exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2)) + exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3)), data = FNMAX90.90RDxDENSAAESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	exp(DB + AA + E)	exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))
-18.04164	3.122224	1.961334
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3))		
		-0.7353362

Degrees of freedom: 720 total; 716 residual

Residual standard error: 7.078597

Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(DB + AA + E) + exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2)) + exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3)), data = FNMAX90.90RDxDENSAAESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-18.0416	1.4603	-12.3551	0.0000
exp(DB + AA + E)	3.1222	0.5565	5.6109	0.0000
exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))	1.9613	0.7008	2.7986	0.0053
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3))	-0.7353	0.1464	-5.0244	0.0000

Residual standard error: 7.079 on 716 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8139

F-statistic: 1044 on 3 and 716 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

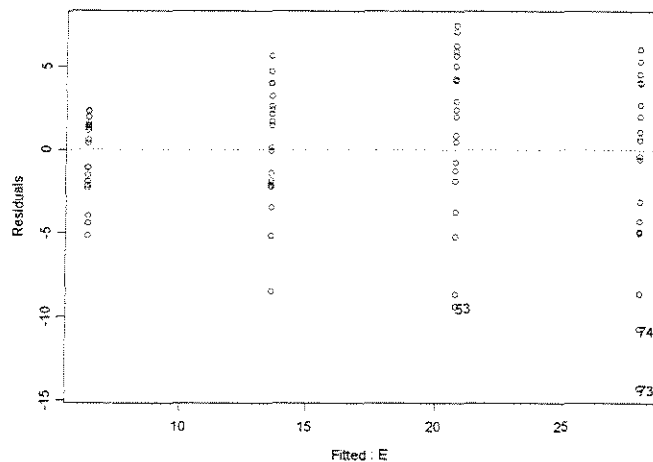
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(DB + AA + E)	1	141914.8	141914.8	2832.261	0.000000e+000
exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))	1	13692.3	13692.3	273.263	0.000000e+000
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3))	1	1264.9	1264.9	25.245	6.384239e-007
Residuals	716	35876.3	50.1		

FORÇA NORMAL MÁXIMA CORTE 90°-90° TANGENCIAL

• FORÇA x ESPESSURA

$$\gamma = 20^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-0.8052597  18.90087
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 4.361224

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.8053	1.1944	-0.6742	0.5022
E	18.9009	1.1447	16.5119	0.0000

Residual standard error: 4.361 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7776

F-statistic: 272.6 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

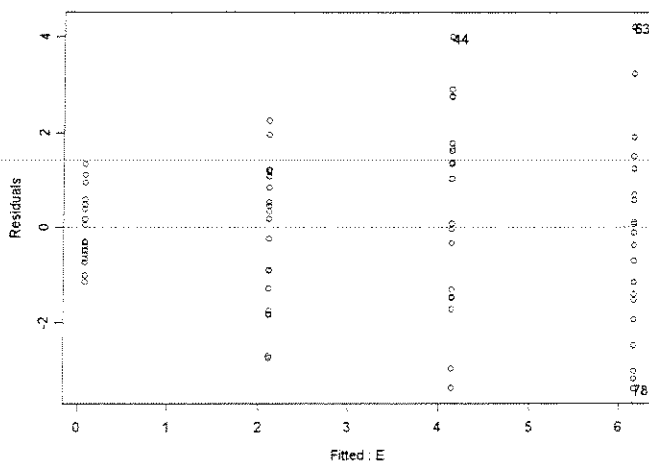
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	5185.773	5185.773	272.6444	0
Residuals	78	1483.582	19.020		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-1.948992 5.328031

Degrees of freedom: 79 total; 77 residual
Residual standard error: 1.696071

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.9490	0.4724	-4.1254	0.0001
E	5.3280	0.4503	11.8316	0.0000

Residual standard error: 1.696 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6451
F-statistic: 140 on 1 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

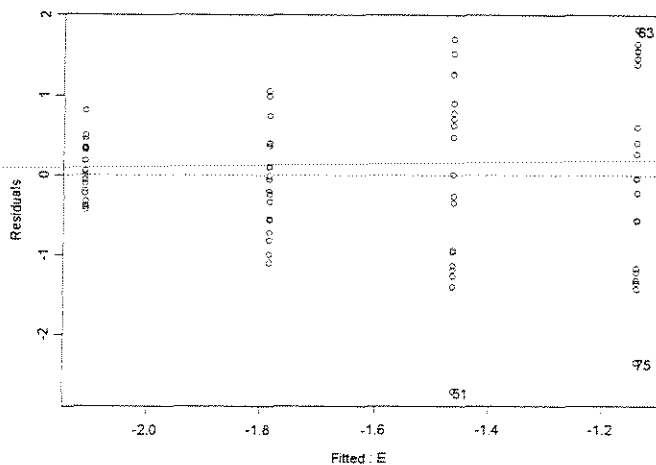
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	402.6926	402.6926	139.9864	0
Residuals	77	221.5025	2.8767		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-2.428337  0.8445345
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.94316

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.4283	0.2583	-9.4014	0.0000
E	0.8445	0.2475	3.4116	0.0010

Residual standard error: 0.9432 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1298

F-statistic: 11.64 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.001026

Analysis of Variance Table

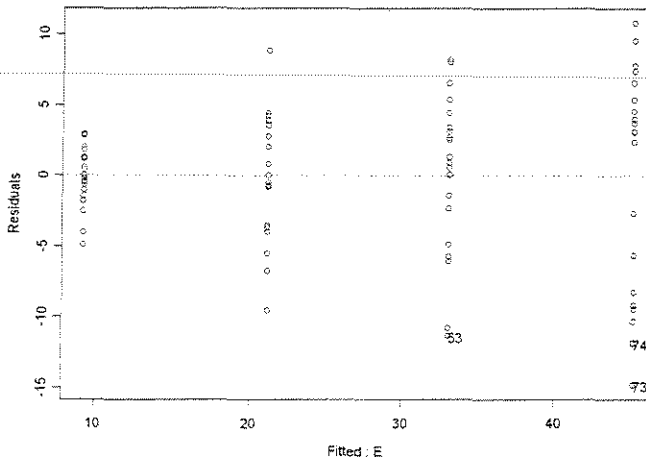
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	10.35344	10.35344	11.63896	0.001026126
Residuals	78	69.38496	0.88955		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-2.675358 31.3475

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 5.446363

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.6754	1.4915	-1.7937	0.0767
E	31.3475	1.4295	21.9291	0.0000

Residual standard error: 5.446 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8604
F-statistic: 480.9 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

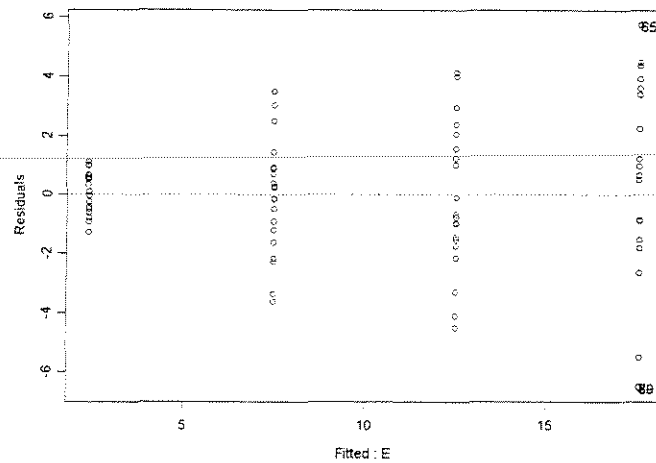
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14264.48	14264.48	480.8868	0
Residuals	78	2313.70	29.66		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept) E
-2.608905 13.24023

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 2.412613

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.6089	0.6607	-3.9486	0.0002
E	13.2402	0.6332	20.9090	0.0000

Residual standard error: 2.413 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8486

F-statistic: 437.2 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

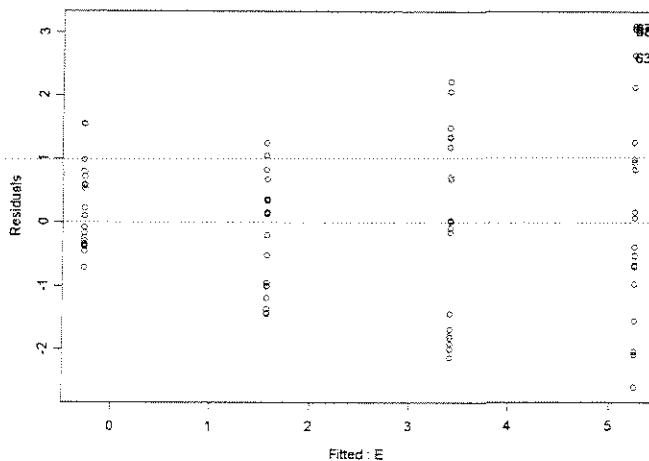
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	2544.724	2544.724	437.1853	0
Residuals	78	454.015	5.821		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-2.105657  4.826188
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.253236

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.1057	0.3432	-6.1351	0.0000
E	4.8262	0.3289	14.6722	0.0000

Residual standard error: 1.253 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.734

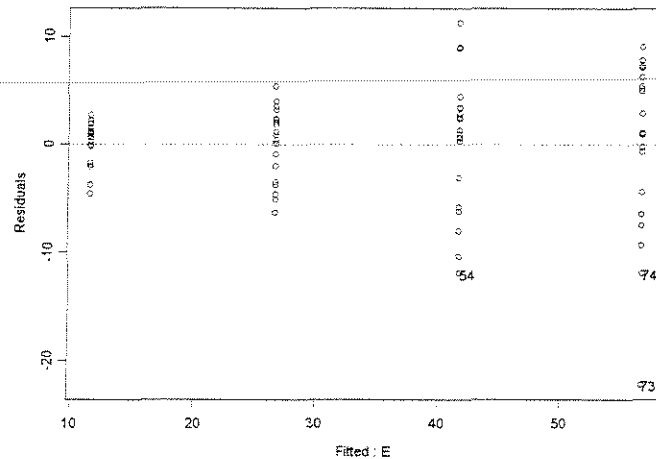
F-statistic: 215.3 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	338.1103	338.1103	215.2744	0
Residuals	78	122.5069	1.5706		

$\gamma = 40^\circ$ **CITRIODORA**

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-3.578446  39.64604
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 5.384996

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = CFNMAX90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.5784	1.4747	-2.4265	0.0176
E	39.6460	1.4134	28.0504	0.0000

Residual standard error: 5.385 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9098

F-statistic: 786.8 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

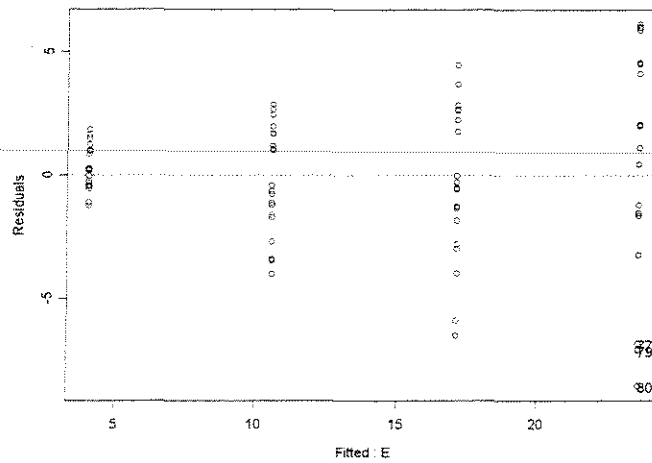
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	22816.53	22816.53	786.8261	0
Residuals	78	2261.86	29.00		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-2.433588  17.10559
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 3.003582

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.4336	0.8226	-2.9585	0.0041
E	17.1056	0.7883	21.6982	0.0000

Residual standard error: 3.004 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8579

F-statistic: 470.8 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

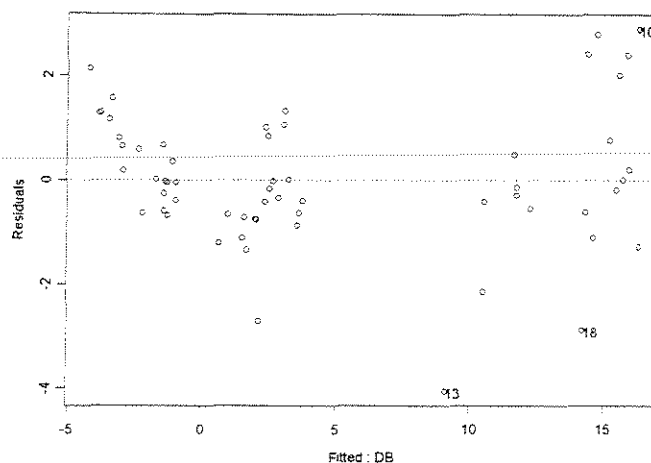
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4247.429	4247.429	470.8115	0
Residuals	78	703.677	9.022		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-16.60738 33.93456

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.321375

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-16.6074	0.5502	-30.1827	0.0000
DB	33.9346	0.8360	40.5913	0.0000

Residual standard error: 1.321 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.966
F-statistic: 1648 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

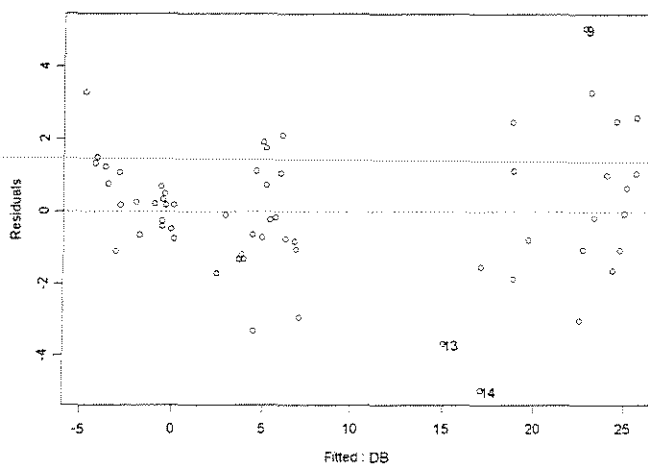
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2876.861	2876.861	1647.656	0
Residuals	58	101.270	1.746		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-23.00048 50.16395

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.783188

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-23.0005	0.7425	-30.9758	0.0000
DB	50.1639	1.1282	44.4643	0.0000

Residual standard error: 1.783 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9715
F-statistic: 1977 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

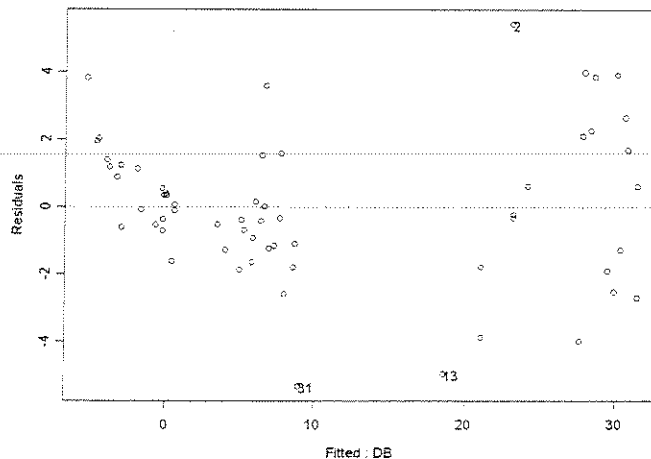
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	6286.630	6286.63	1977.077	0
Residuals	58	184.426	3.18		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-27.181 60.44118

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.189953

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-27.1810	0.9119	-29.8067	0.0000
DB	60.4412	1.3855	43.6230	0.0000

Residual standard error: 2.19 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9704
F-statistic: 1903 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

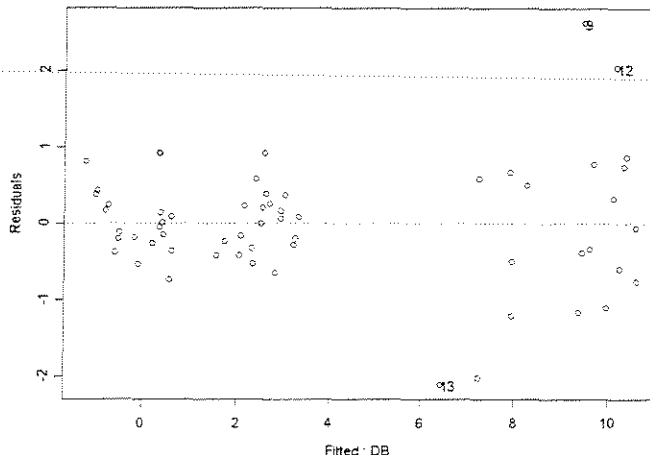
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	9126.419	9126.419	1902.965	0
Residuals	58	278.162	4.796		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0381AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-8.361108 19.54315

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.7798315

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0381AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.3611	0.3247	-25.7482	0.0000
DB	19.5431	0.4934	39.6106	0.0000

Residual standard error: 0.7798 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9644
F-statistic: 1569 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

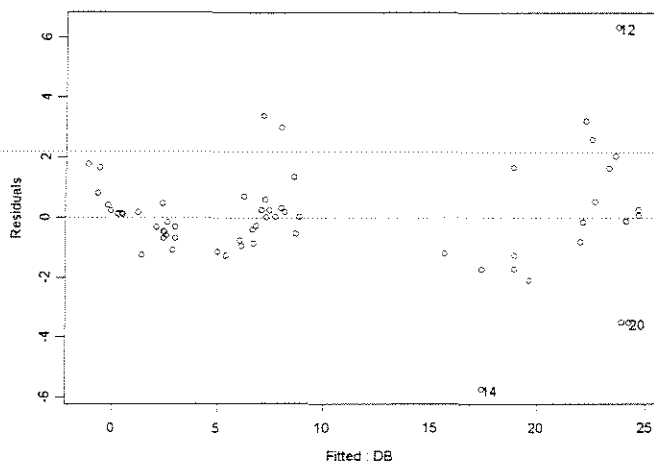
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	954.1649	954.1649	1568.996	0
Residuals	58	35.2720	0.6081		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-16.64283  42.59305
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.759684

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-16.6428	0.7327	-22.7131	0.0000
DB	42.5931	1.1133	38.2579	0.0000

Residual standard error: 1.76 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9619

F-statistic: 1464 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

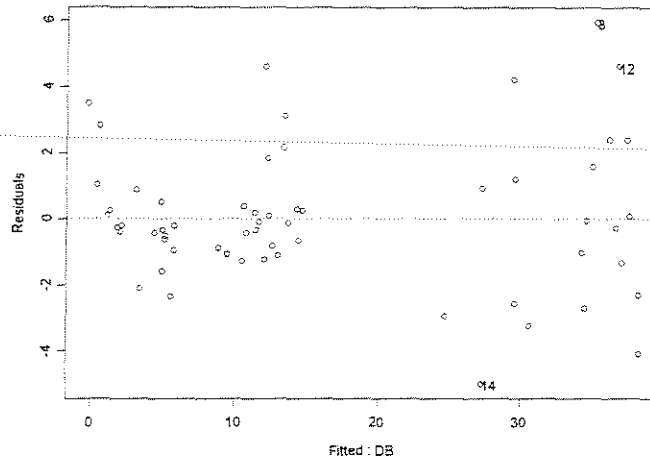
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4532.231	4532.231	1463.668	0
Residuals	58	179.596	3.096		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-23.28735 63.35286

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.113753

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-23.2874	0.8802	-26.4575	0.0000
DB	63.3529	1.3373	47.3728	0.0000

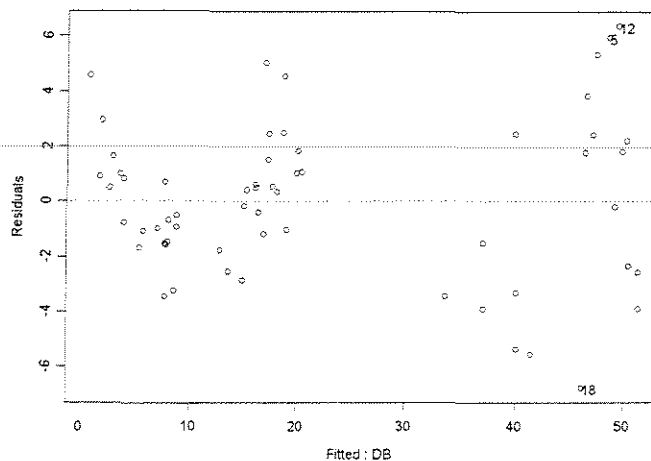
Residual standard error: 2.114 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9748
F-statistic: 2244 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10026.91	10026.91	2244.184	0
Residuals	58	259.14	4.47		

ESPESSURA = 1,524mm

*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-29.53772 83.43614

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.868482

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-29.5377	1.1945	-24.7291	0.0000
DB	83.4361	1.8148	45.9748	0.0000

Residual standard error: 2.868 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9733
F-statistic: 2114 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

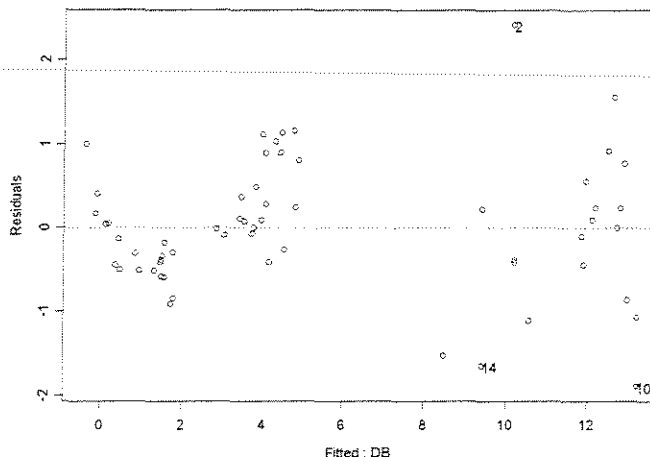
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	17391.73	17391.73	2113.678	0
Residuals	58	477.23	8.23		

$\gamma = 40^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-8.561376  22.47699
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.7838444

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -8.5614  0.3264 -26.2299  0.0000
DB 22.4770  0.4959  45.3237  0.0000
```

Residual standard error: 0.7838 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9725

F-statistic: 2054 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

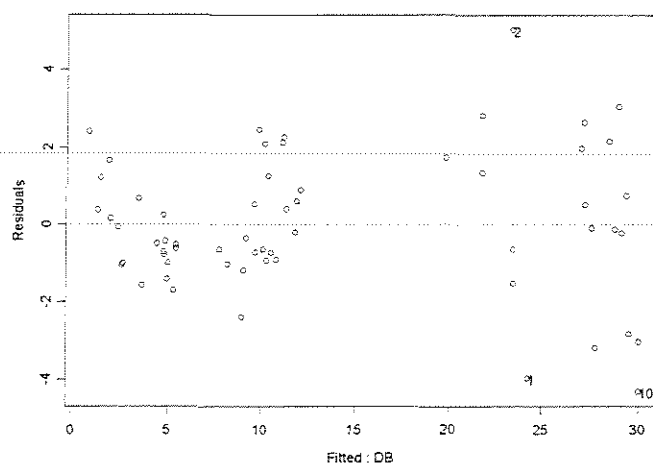
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1262.149	1262.149	2054.239	0
Residuals	58	35.636	0.614		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-16.69125 48.15668

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.791255

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP0762AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-16.6912	0.7459	-22.3777	0.0000
DB	48.1567	1.1333	42.4929	0.0000

Residual standard error: 1.791 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9689
F-statistic: 1806 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

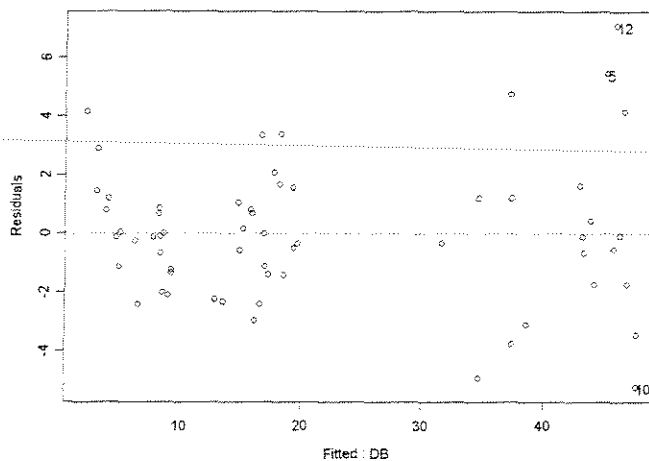
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5793.588	5793.588	1805.647	0
Residuals	58	186.098	3.209		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-25.36447 75.22653

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.405458

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-25.3645	1.0016	-25.3228	0.0000
DB	75.2265	1.5219	49.4300	0.0000

Residual standard error: 2.405 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9768
F-statistic: 2443 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

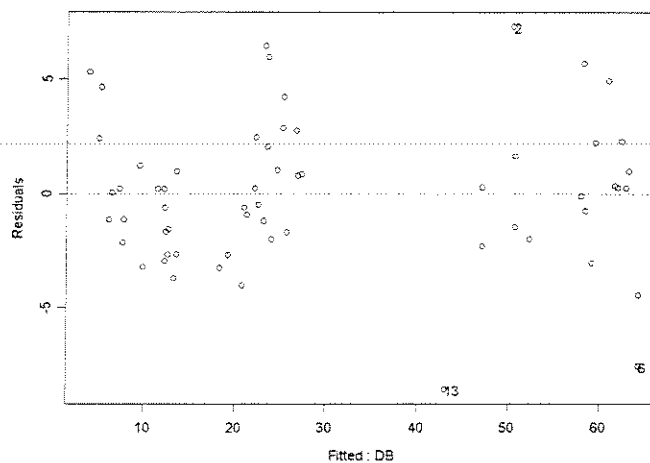
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	14137.63	14137.63	2443.324	0
Residuals	58	335.60	5.79		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-32.08921 99.24076

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 3.163623

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.90TGESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-32.0892	1.3174	-24.3589	0.0000
DB	99.2408	2.0016	49.5818	0.0000

Residual standard error: 3.164 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.977
F-statistic: 2458 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

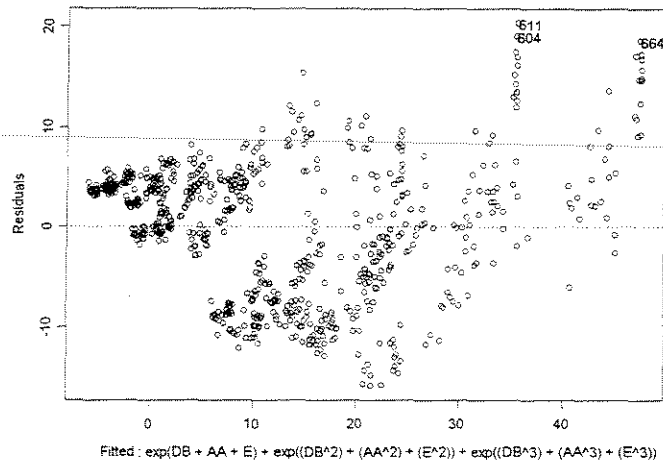
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	24604.51	24604.51	2458.359	0
Residuals	58	580.49	10.01		

• FORÇA x DENSIDADE + ÂNGULO DE ÂNGULO + ESPESSURA DE CORTE



```
*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMAX ~ exp(DB + AA + E) + exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2)) + exp((DB^3)
+ (
  AA^3) + (E^3)), data = FNMAX90.90TGxDENSAESP, na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept) exp(DB + AA + E) exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))
-14.6645      1.813805      2.740989
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3))
-0.8191671
```

```
Degrees of freedom: 719 total; 715 residual
Residual standard error: 6.737797
```

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(DB + AA + E) + exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2)) +
exp((DB^3) + (
  AA^3) + (E^3)), data = FNMAX90.90TGxDENSAESP, na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
                Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -14.6645   1.4041  -10.4440  0.0000
exp(DB + AA + E)  1.8138   0.5342   3.3957  0.0007
exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))  2.7410   0.6733   4.0711  0.0001
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3)) -0.8192   0.1405  -5.8299  0.0000
```

```
Residual standard error: 6.738 on 715 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.7853
F-statistic: 871.7 on 3 and 715 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

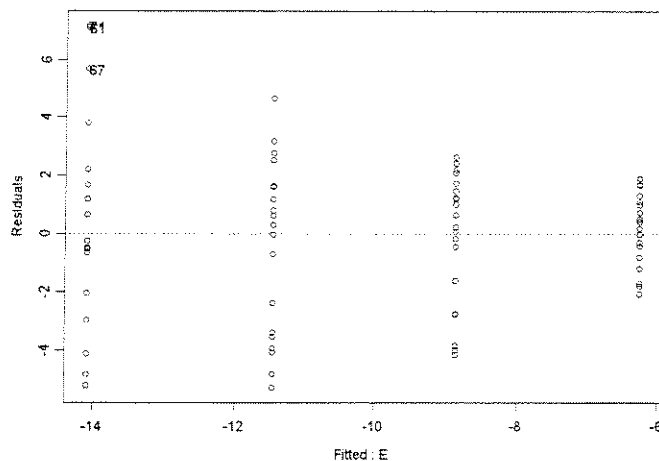
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(DB + AA + E)	1	109740.0	109740.0	2417.292	0.00000e+000
exp((DB^2) + (AA^2) + (E^2))	1	7436.5	7436.5	163.806	0.00000e+000
exp((DB^3) + (AA^3) + (E^3))	1	1543.0	1543.0	33.988	8.39481e-009
Residuals	715	32459.5	45.4		

**FORÇA NORMAL MÉDIA
CORTE 90°-0° RADIAL**

• **FORÇA x ESPESSURA DE CORTE**

$$\gamma = 10^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-3.636098 -6.851512

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 2.655343

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.6361 0.7272 -5.0002 0.0000
E -6.8515 0.6969 -9.8308 0.0000

Residual standard error: 2.655 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5534
F-statistic: 96.65 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 2.665e-015

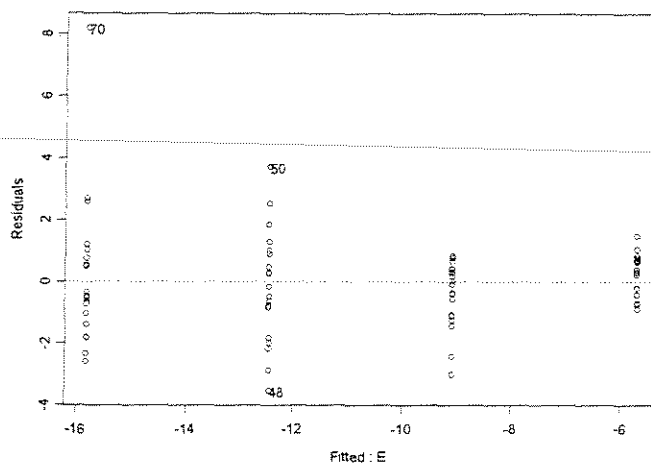
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	681.4324	681.4324	96.64545	2.664535e-015
Residuals	78	549.9662	7.0508		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-2.333873 -8.846862
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.619884

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.3339	0.4436	-5.2609	0.0000
E	-8.8469	0.4252	-20.8080	0.0000

Residual standard error: 1.62 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8473

F-statistic: 433 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

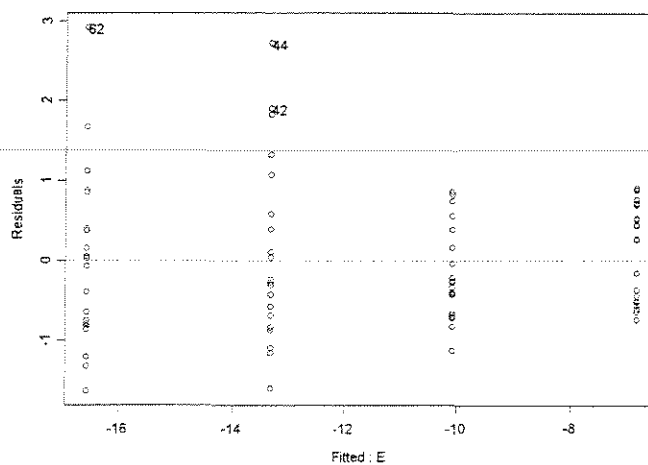
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1136.131	1136.131	432.9728	0
Residuals	78	204.674	2.624		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-3.586346 -8.51556

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 0.8999328

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.5863	0.2465	-14.5516	0.0000
E	-8.5156	0.2362	-36.0519	0.0000

Residual standard error: 0.8999 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9434
F-statistic: 1300 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

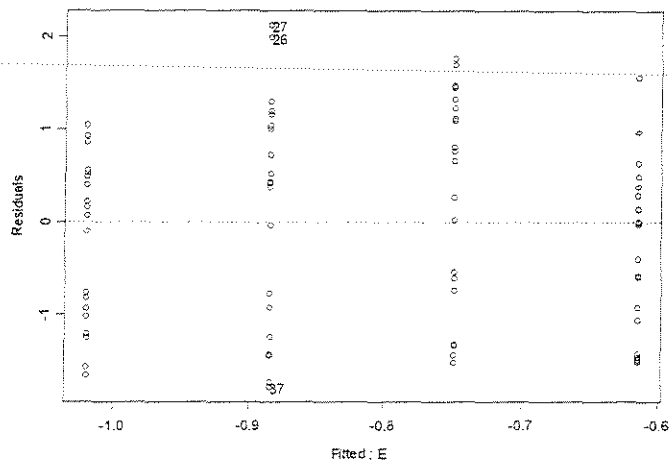
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1052.632	1052.632	1299.739	0
Residuals	78	63.171	0.810		

$$\gamma = 20^\circ$$

CITRIODRA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-1.154261  0.3542293
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.060676

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.1543	0.2905	-3.9737	0.0002
E	0.3542	0.2784	1.2724	0.2070

Residual standard error: 1.061 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.02033

F-statistic: 1.619 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.207

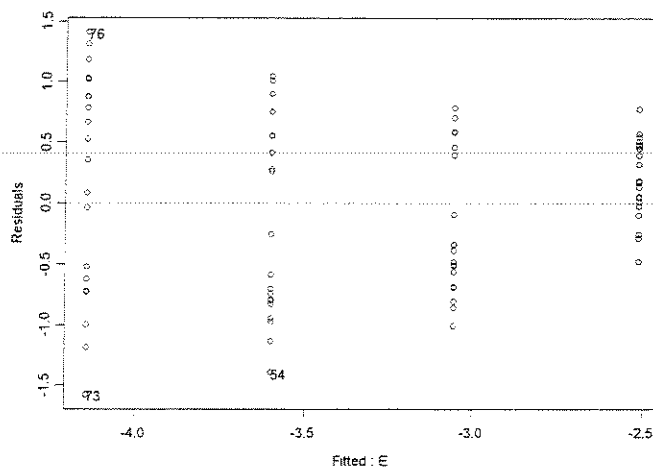
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1.82146	1.821457	1.619025	0.2070079
Residuals	78	87.75259	1.125033		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-1.965227 -1.430435

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 0.7143943

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.9652	0.1956	-10.0449	0.0000
E	-1.4304	0.1875	-7.6288	0.0000

Residual standard error: 0.7144 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.4273
F-statistic: 58.2 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 4.911e-011

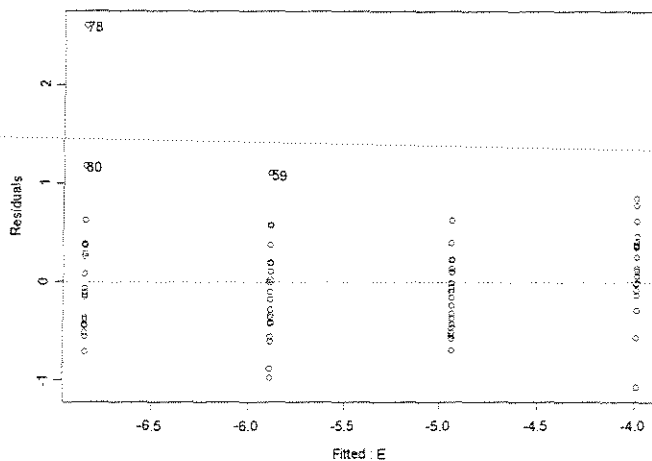
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	29.70203	29.70203	58.19828	4.910516e-011
Residuals	78	39.80802	0.51036		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-3.040641 -2.489443

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 0.5432407

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.0406	0.1488	-20.4382	0.0000
E	-2.4894	0.1426	-17.4596	0.0000

Residual standard error: 0.5432 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7963
F-statistic: 304.8 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

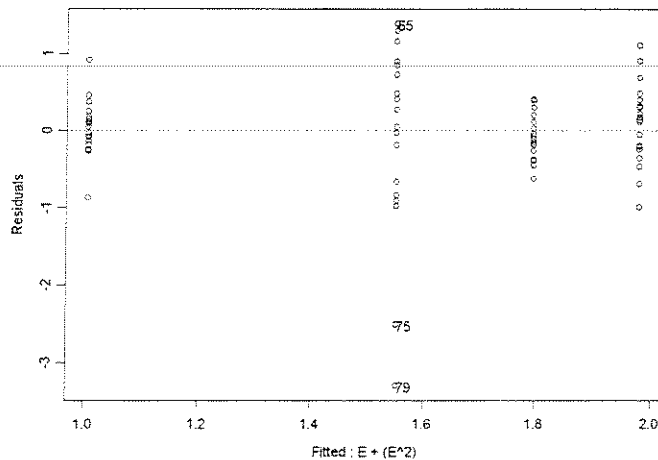
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	89.96102	89.96102	304.8385	0
Residuals	78	23.01861	0.29511		

$$\gamma = 30^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
-0.3954502 4.479239 -2.100356

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.7110317

Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.3955	0.4426	-0.8934	0.3744
E	4.4792	1.0598	4.2264	0.0001
I(E^2)	-2.1004	0.5476	-3.8353	0.0003

Residual standard error: 0.711 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.2165
F-statistic: 10.64 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0.00008345

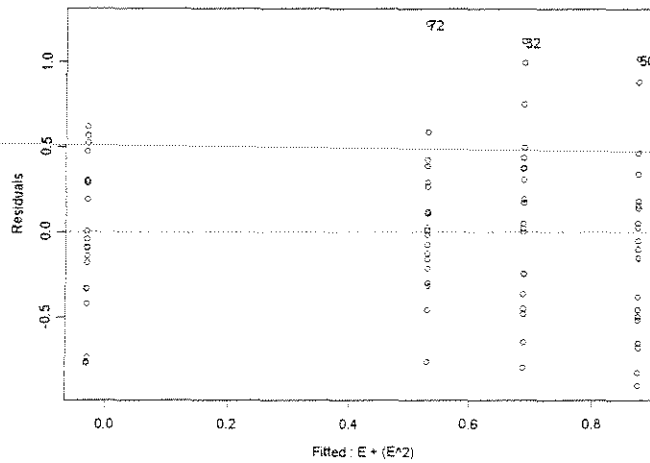
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	3.31754	3.317544	6.56204	0.01237118
I(E^2)	1	7.43662	7.436620	14.70949	0.00025496
Residuals	77	38.92859	0.505566		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
-1.276367 3.966299 -1.823534

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.4865937

Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2764	0.3029	-4.2138	0.0001
E	3.9663	0.7253	5.4686	0.0000
I(E^2)	-1.8235	0.3748	-4.8657	0.0000

Residual standard error: 0.4866 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3336

F-statistic: 19.27 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 1.638e-007

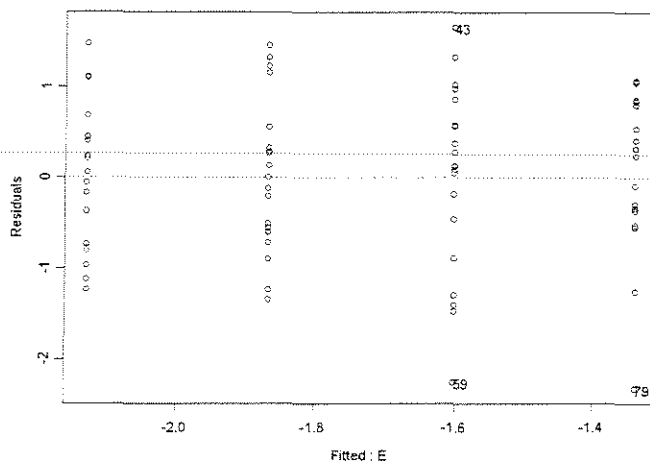
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	3.52050	3.520503	14.86866	0.0002375477
I(E^2)	1	5.60554	5.605540	23.67470	0.0000059251
Residuals	77	18.23155	0.236773		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-2.391201 0.6900548

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 0.8635285

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.3912	0.2365	-10.1113	0.0000
E	0.6901	0.2266	3.0446	0.0032

Residual standard error: 0.8635 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1062

F-statistic: 9.27 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.003176

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

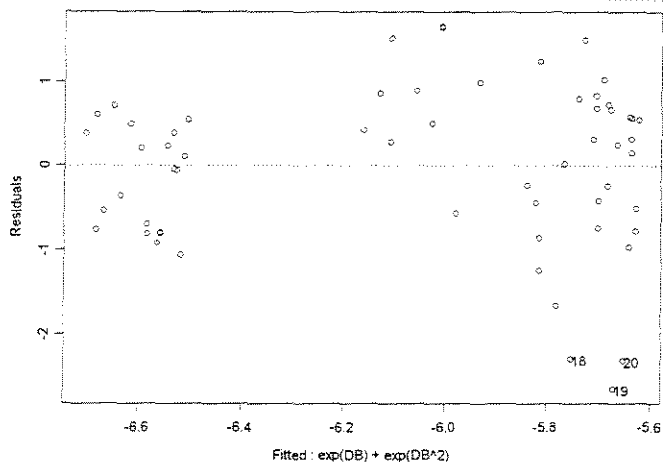
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	6.91221	6.912214	9.269661	0.003176005
Residuals	78	58.16315	0.745681		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA

$$\gamma = 10^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ exp(DB) + exp(DB^2), data = FNMD90.ORDESP0381AA10xDENS,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) exp(DB) exp(DB^2)
-11.59776 9.18666 -7.450874

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.9654136

Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(DB) + exp(DB^2), data =
FNMD90.ORDESP0381AA10xDENS,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.5978	1.7579	-6.5974	0.0000
exp(DB)	9.1867	3.1117	2.9523	0.0046
exp(DB^2)	-7.4509	2.6401	-2.8222	0.0066

Residual standard error: 0.9654 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1525
F-statistic: 5.13 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0.00894

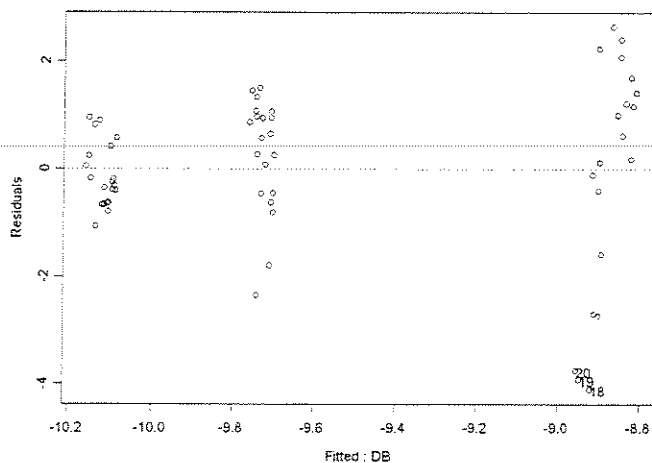
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(DB)	1	2.13917	2.139174	2.295193	0.1353012
exp(DB^2)	1	7.42346	7.423463	7.964888	0.0065553
Residuals	57	53.12534	0.932023		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP0762AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-11.10767 2.431991

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.468937

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP0762AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.1077	0.5915	-18.7792	0.0000
DB	2.4320	0.8875	2.7404	0.0081

Residual standard error: 1.469 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.1146
F-statistic: 7.51 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.008142

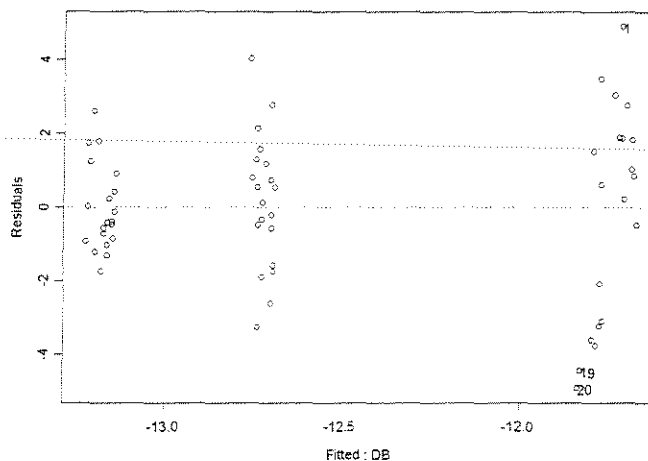
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	16.2047	16.20474	7.50993	0.008141831
Residuals	58	125.1510	2.15778		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1143AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-14.30636 2.787397

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.088339

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1143AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-14.3064	0.8409	-17.0132	0.0000
DB	2.7874	1.2617	2.2093	0.0311

Residual standard error: 2.088 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.07762

F-statistic: 4.881 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.03112

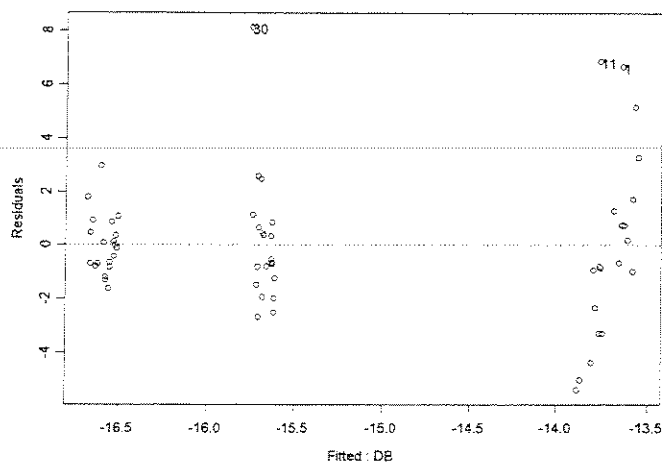
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	21.2871	21.28706	4.881055	0.03111588
Residuals	58	252.9472	4.36116		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1524AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-18.8663      5.622341
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.536892

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1524AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-18.8663	1.0215	-18.4690	0.0000
DB	5.6223	1.5326	3.6684	0.0005

Residual standard error: 2.537 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1883

F-statistic: 13.46 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.0005321

Analysis of Variance Table

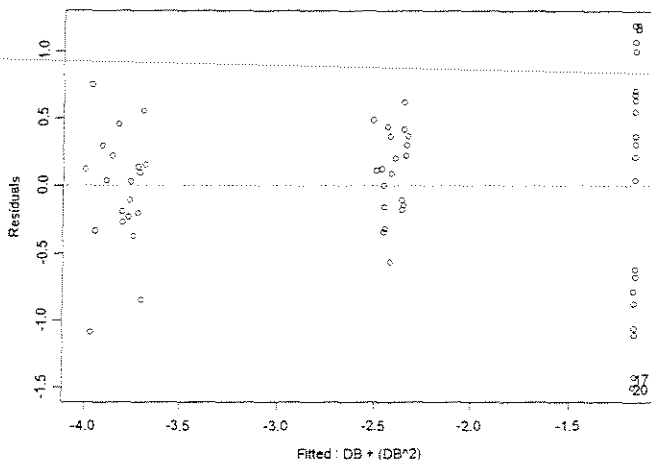
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	86.6069	86.60689	13.45701	0.000532059
Residuals	58	373.2776	6.43582		

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-9.751697 18.73065 -10.21133

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.5961006

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-9.7517	1.2090	-8.0660	0.0000
DB	18.7307	3.9272	4.7695	0.0000
I(DB^2)	-10.2113	2.8903	-3.5330	0.0008

Residual standard error: 0.5961 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7771
F-statistic: 99.35 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

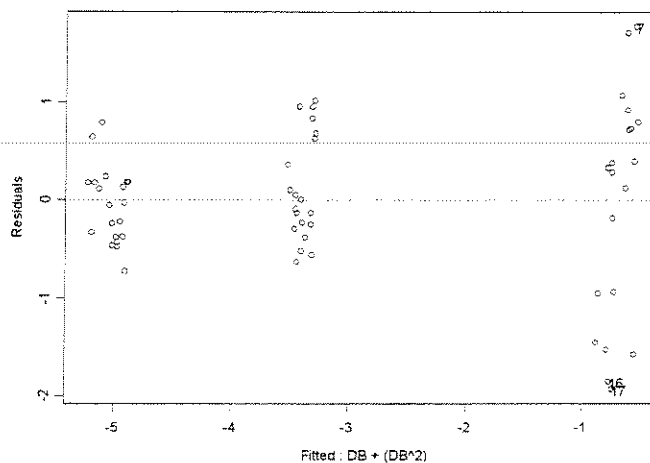
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	66.16983	66.16983	186.2177	0.0000000000
I(DB^2)	1	4.43530	4.43530	12.4820	0.0008223961
Residuals	57	20.25415	0.35534		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-10.33396 15.03591 -4.924932

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.7838435

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0762AA20xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.3340	1.5898	-6.5003	0.0000
DB	15.0359	5.1641	2.9116	0.0051
I(DB^2)	-4.9249	3.8006	-1.2958	0.2003

Residual standard error: 0.7838 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8465
F-statistic: 157.1 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

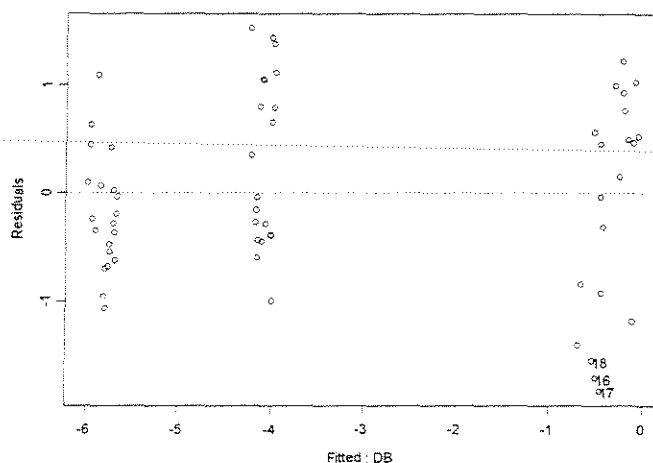
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	192.0482	192.0482	312.5730	0.000000
I(DB^2)	1	1.0317	1.0317	1.6792	0.200255
Residuals	57	35.0214	0.6144		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.0RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-10.15218 10.69305

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.8319343

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.0RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.1522	0.3350	-30.3060	0.0000
DB	10.6931	0.5026	21.2751	0.0000

Residual standard error: 0.8319 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8864
F-statistic: 452.6 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

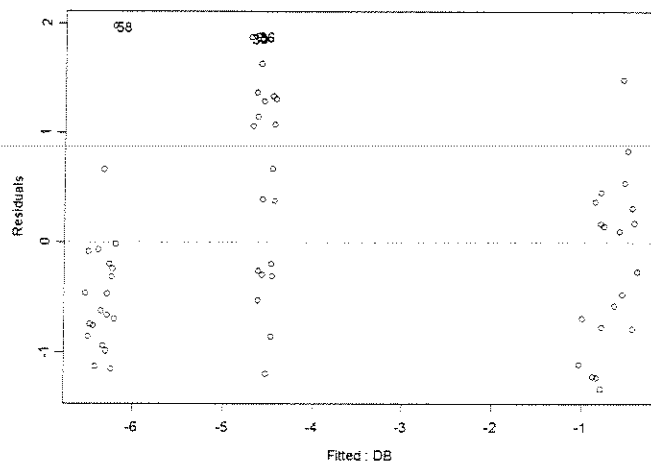
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	313.2718	313.2718	452.6299	0
Residuals	58	40.1427	0.6921		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept) DB
-10.84062 11.07586

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.9155368

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMD90.ORDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.8406	0.3687	-29.4060	0.0000
DB	11.0759	0.5531	20.0244	0.0000

Residual standard error: 0.9155 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8736

F-statistic: 401 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

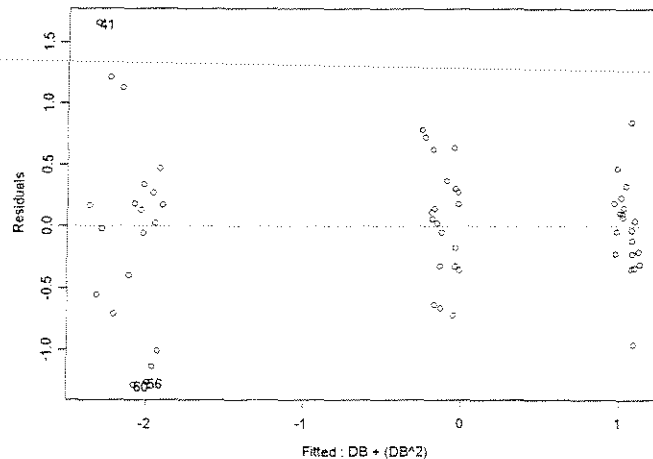
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	336.1032	336.1032	400.9784	0
Residuals	58	48.6160	0.8382		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0381AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-11.1696 29.44566 -17.56834

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.5793709

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP0381AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.1696	1.1751	-9.5056	0.0000
DB	29.4457	3.8170	7.7144	0.0000
I(DB^2)	-17.5683	2.8092	-6.2539	0.0000

Residual standard error: 0.5794 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8412
F-statistic: 151 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

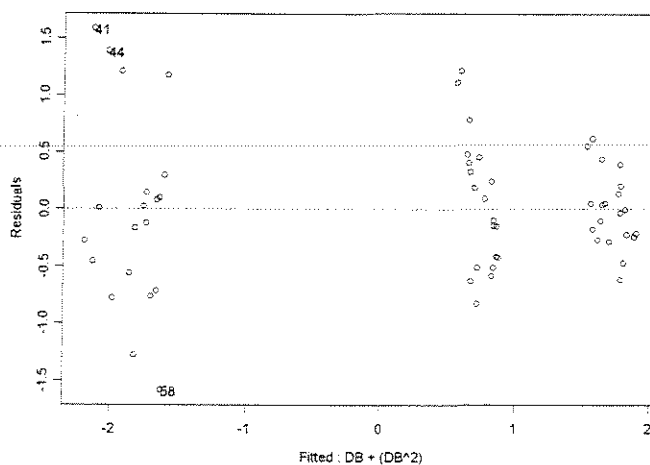
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	88.24162	88.24162	262.8816	0.000000e+000
I(DB^2)	1	13.12864	13.12864	39.1117	5.501633e-008
Residuals	57	19.13322	0.33567		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0RDESP0762AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-14.35638 41.27555 -25.87231

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.6281363

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0RDESP0762AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-14.3564	1.2740	-11.2691	0.0000
DB	41.2756	4.1382	9.9742	0.0000
I(DB^2)	-25.8723	3.0456	-8.4949	0.0000

Residual standard error: 0.6281 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8582
F-statistic: 172.6 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

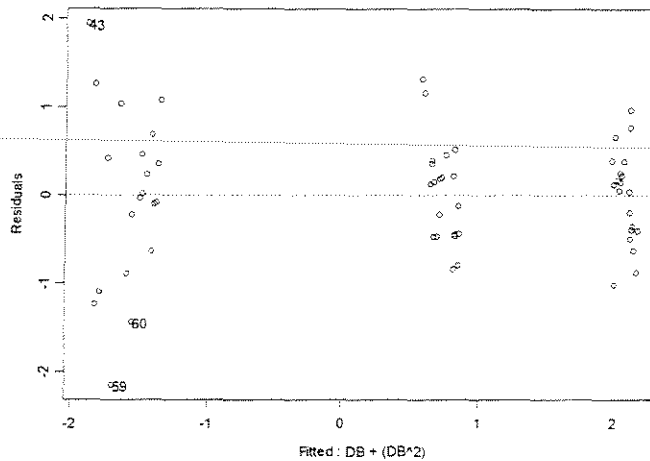
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	107.6931	107.6931	272.9481	0.000000e+000
I(DB^2)	1	28.4727	28.4727	72.1640	1.041767e-011
Residuals	57	22.4896	0.3946		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-12.20108 34.48063 -20.60256

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.7402117

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.ORDESP1143AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-12.2011	1.5013	-8.1272	0.0000
DB	34.4806	4.8766	7.0706	0.0000
I(DB^2)	-20.6026	3.5890	-5.7404	0.0000

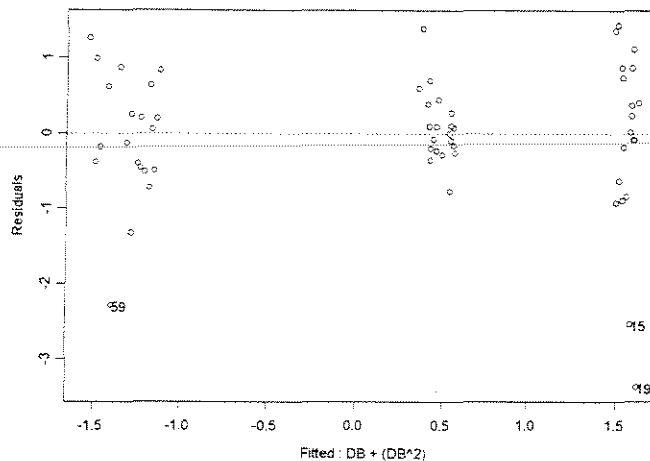
Residual standard error: 0.7402 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.815
F-statistic: 125.5 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	119.5167	119.5167	218.1307	0.000000e+000
I(DB^2)	1	18.0551	18.0551	32.9525	3.813077e-007
Residuals	57	31.2311	0.5479		

ESPESSURA 1,524mm

*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0RDESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-9.387378 26.21134 -15.55628

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.9169658

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0RDESP1524AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-9.3874	1.8598	-5.0476	0.0000
DB	26.2113	6.0411	4.3388	0.0001
I(DB^2)	-15.5563	4.4460	-3.4989	0.0009

Residual standard error: 0.917 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6349
F-statistic: 49.55 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 3.386e-013

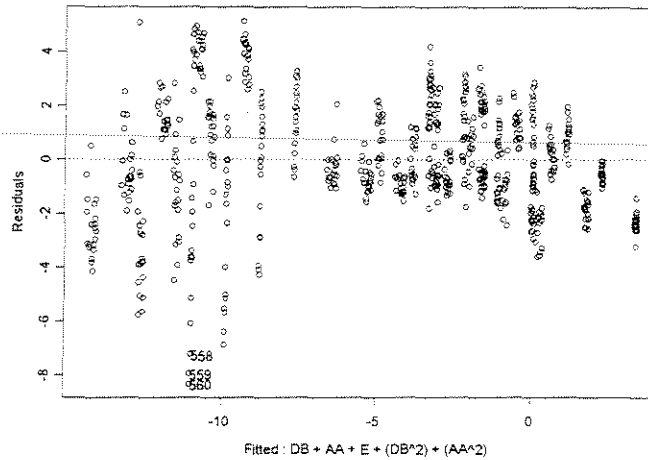
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	73.03963	73.03963	86.86649	0.0000000000
I(DB^2)	1	10.29365	10.29365	12.24231	0.0009137326
Residuals	57	47.92710	0.84083		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2), data = FNMD90.ORDxDENSAESP,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB AA E I(DB^2) I(AA^2)
-27.83652 18.90312 81.69344 -2.902111 -9.622461 -71.89677

Degrees of freedom: 720 total; 714 residual
Residual standard error: 2.123079

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2), data =
FNMD90.ORDxDENSAESP,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-27.8365	1.3882	-20.0529	0.0000
DB	18.9031	4.0377	4.6816	0.0000
AA	81.6934	3.8866	21.0194	0.0000
E	-2.9021	0.1857	-15.6241	0.0000
I(DB^2)	-9.6225	2.9716	-3.2381	0.0013
I(AA^2)	-71.8968	5.5100	-13.0484	0.0000

Residual standard error: 2.123 on 714 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8451
F-statistic: 779.2 on 5 and 714 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1138.13	1138.13	252.499	0.000000000
AA	1	14508.35	14508.35	3218.739	0.000000000
E	1	1100.32	1100.32	244.112	0.000000000
I(DB^2)	1	47.26	47.26	10.485	0.001258962
I(AA^2)	1	767.45	767.45	170.261	0.000000000
Residuals	714	3218.33	4.51		

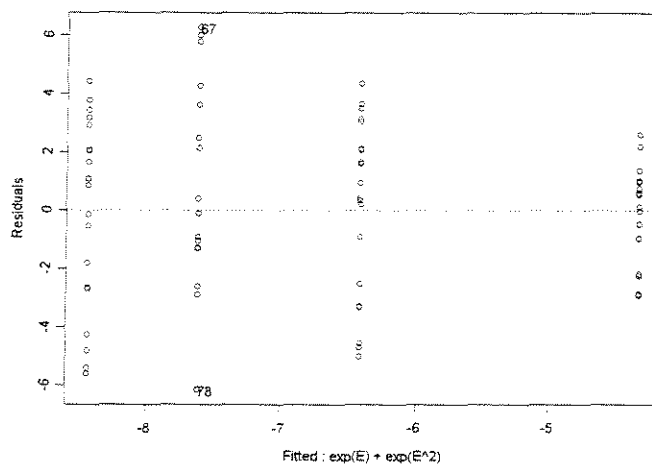
FORÇA NORMAL MÁXIMA

CORTE 90°-0° RADIAL

• FORÇA x ESPESSURA

$$\gamma = 10^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data = CFNMAX90.ORDAA10xESP,
na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)   exp(E) exp(E^2)
 0.3163973 -3.990642  1.018685
```

```
Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 3.030377
```

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data =
CFNMAX90.ORDAA10xESP, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.3164   1.6835     0.1879  0.8514
exp(E)      -3.9906   1.0645    -3.7488  0.0003
exp(E^2)     1.0187   0.3494     2.9158  0.0046
```

```
Residual standard error: 3.03 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.2112
```

F-statistic: 10.31 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0.0001082

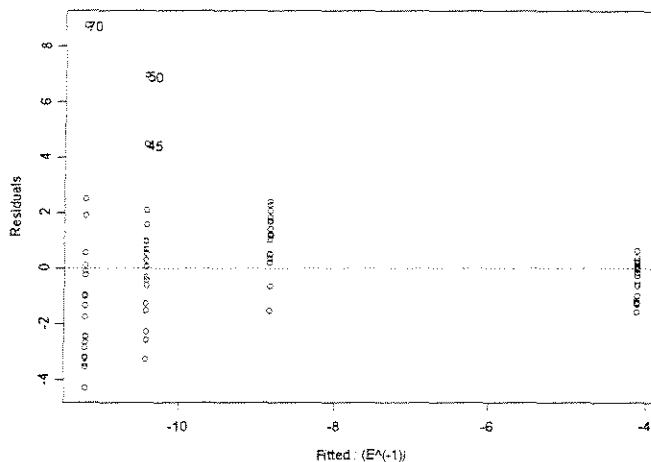
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(E)	1	111.2012	111.2012	12.10922	0.000829286
exp(E^2)	1	78.0768	78.0768	8.50214	0.004644444
Residuals	77	707.1054	9.1832		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ (E^(-1)), data = SFNMAX90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept) I(E^(-1))
-13.57481  3.606461
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 2.086792

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ (E^(-1)), data = SFNMAX90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-13.5748	0.4784	-28.3733	0.0000
I(E^(-1))	3.6065	0.3056	11.8032	0.0000

Residual standard error: 2.087 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6411

F-statistic: 139.3 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

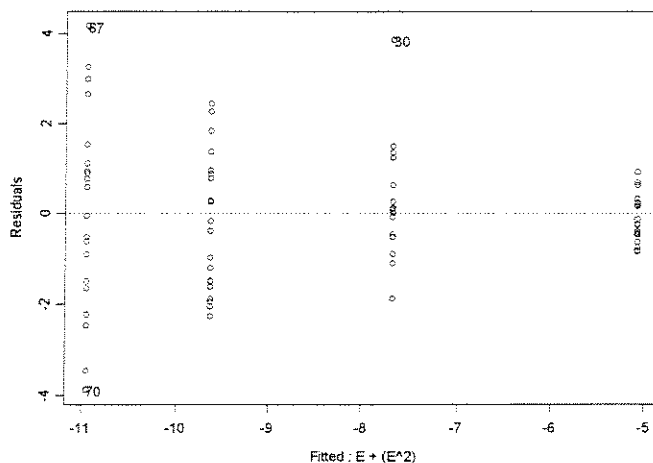
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(E ⁻¹)	1	606.6729	606.6729	139.3145	0
Residuals	78	339.6665	4.3547		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = GFNMAX90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-1.822133 -9.363755  2.214641
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.500891

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = GFNMAX90.ORDAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.8221	0.9343	-1.9503	0.0548
E	-9.3638	2.2371	-4.1856	0.0001
I(E ²)	2.2146	1.1560	1.9158	0.0591

Residual standard error: 1.501 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6935

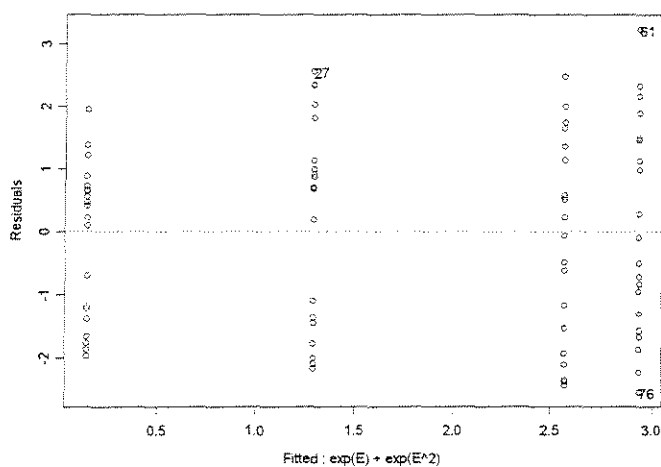
F-statistic: 87.12 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	384.2358	384.2358	170.5687	0.00000000
I(E^2)	1	8.2679	8.2679	3.6703	0.05910346
Residuals	77	173.4559	2.2527		

 $\gamma = 20^\circ$ **CITRIODORA**

*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data = CFNMAX90.ORDAA20xESP,
na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)  exp(E)  exp(E^2)
-2.411202  2.065431 -0.4053719
```

```
Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 1.551345
```

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ exp(E) + exp(E^2), data =
CFNMAX90.ORDAA20xESP, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.4112 0.8618 -2.7978 0.0065
exp(E) 2.0654 0.5450 3.7900 0.0003
exp(E^2) -0.4054 0.1788 -2.2666 0.0262
```


Residual standard error: 1.551 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.3444
 F-statistic: 20.22 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 8.734e-008

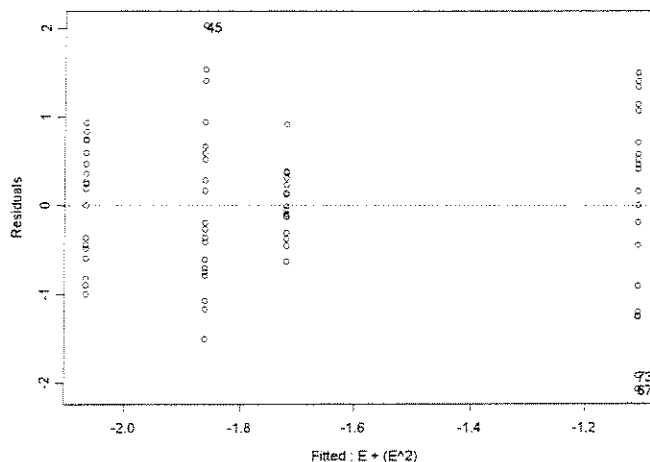
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(E)	1	84.9747	84.97471	35.30798	0.00000008
exp(E^2)	1	12.3637	12.36373	5.13728	0.02622462
Residuals	77	185.3137	2.40667		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = SFNMAX90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	-0.8172374	1.90373

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.8147883

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = SFNMAX90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.8172	0.5072	-1.6113	0.1112
E	-3.0905	1.2145	-2.5447	0.0129
I(E^2)	1.9037	0.6276	3.0336	0.0033

Residual standard error: 0.8148 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.1675
 F-statistic: 7.744 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is
 0.0008623

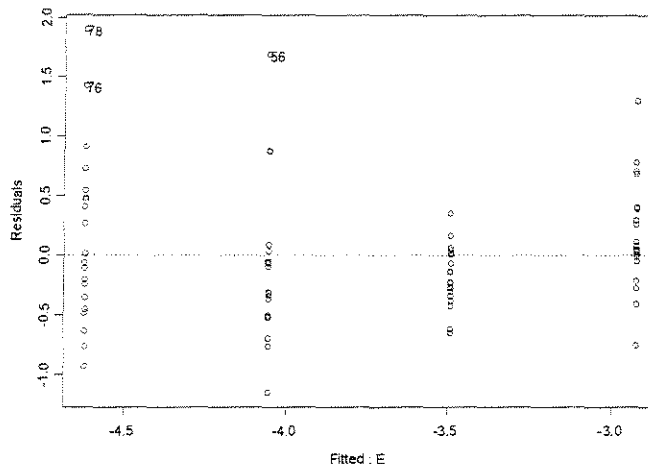
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.17254	4.172542	6.285085	0.01428250
I(E^2)	1	6.10943	6.109430	9.202613	0.00329369
Residuals	77	51.11876	0.663880		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	(Intercept)	E
	-2.355932	-1.487754

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.5666424

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.ORDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.3559	0.1552	-15.1818	0.0000
E	-1.4878	0.1487	-10.0034	0.0000

Residual standard error: 0.5666 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.562
 F-statistic: 100.1 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.221e-015

Analysis of Variance Table

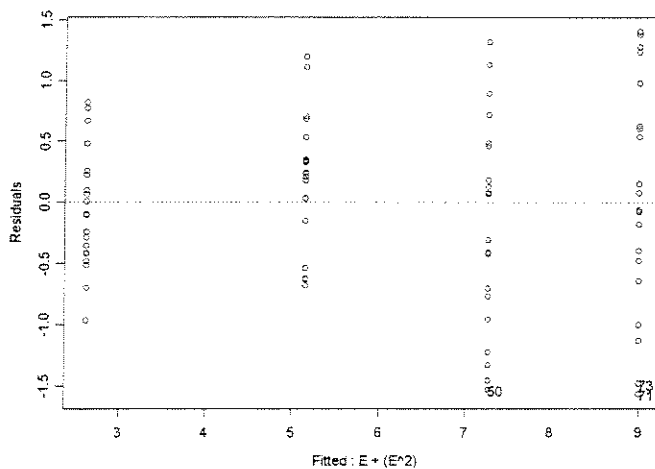
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	32.13013	32.13013	100.0678	1.221245e-015
Residuals	78	25.04452	0.32108		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	-0.2855617	8.181933
		-1.369867

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.7445176

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ E + (E^2), data = CFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.2856	0.4635	-0.6162	0.5396
E	8.1819	1.1097	7.3729	0.0000
I(E^2)	-1.3699	0.5734	-2.3889	0.0193

Residual standard error: 0.7445 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.914
 F-statistic: 409.4 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

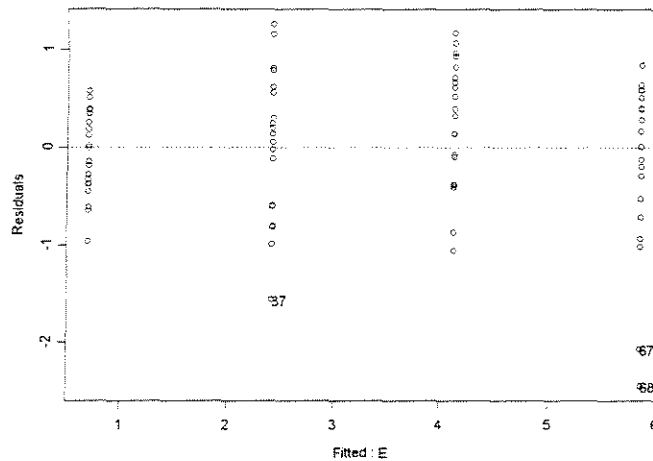
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	450.7383	450.7383	813.1573	0.00000000
I(E^2)	1	3.1633	3.1633	5.7069	0.01934722
Residuals	77	42.6816	0.5543		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	(Intercept)	E
	-1.023519	4.513638

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.7168067

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = SFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.0235	0.1963	-5.2139	0.0000
E	4.5136	0.1881	23.9911	0.0000

Residual standard error: 0.7168 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8807

F-statistic: 575.6 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

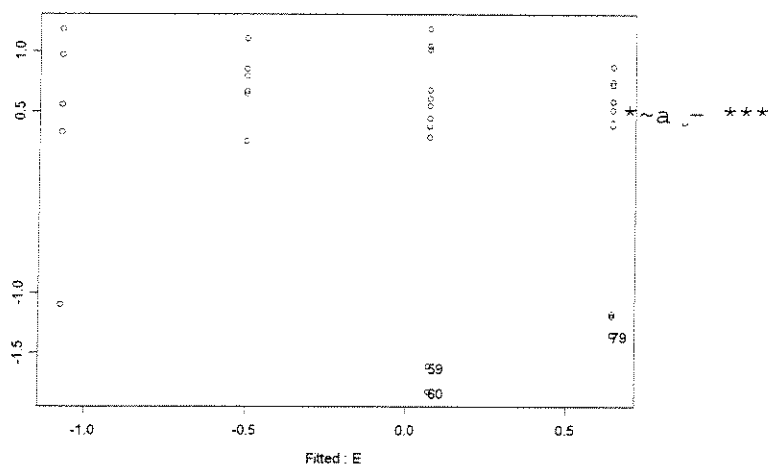
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	295.7354	295.7354	575.5715	0
Residuals	78	40.0773	0.5138		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
-1.645141	1.500694

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.6497235

Call: lm(formula = FNMAX ~ E, data = GFNMAX90.ORDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.6451	0.1779	-9.2458	0.0000
E	1.5007	0.1705	8.8001	0.0000

Residual standard error: 0.6497 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4982

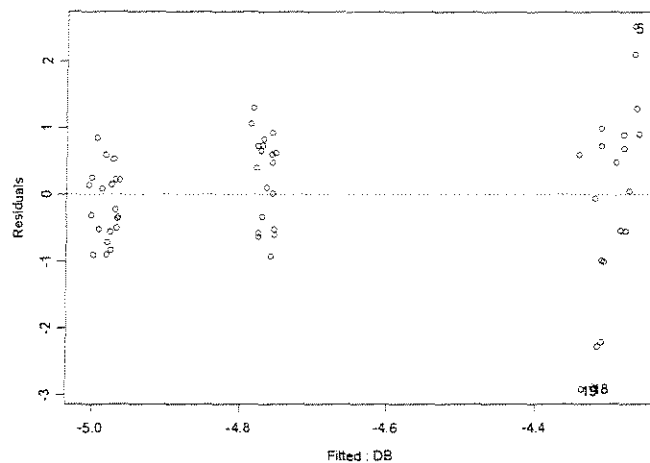
F-statistic: 77.44 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 2.637e-013

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	32.69146	32.69146	77.44212	2.63678e-013
Residuals	78	32.92697	0.42214		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA
 $\gamma = 10^\circ$ **ESPESSURA = 0,381mm**

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP0381AA10xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-5.528033  1.339841
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.031744

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP0381AA10xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.5280	0.4154	-13.3063	0.0000
DB	1.3398	0.6233	2.1495	0.0358

Residual standard error: 1.032 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.07378

F-statistic: 4.62 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.03578

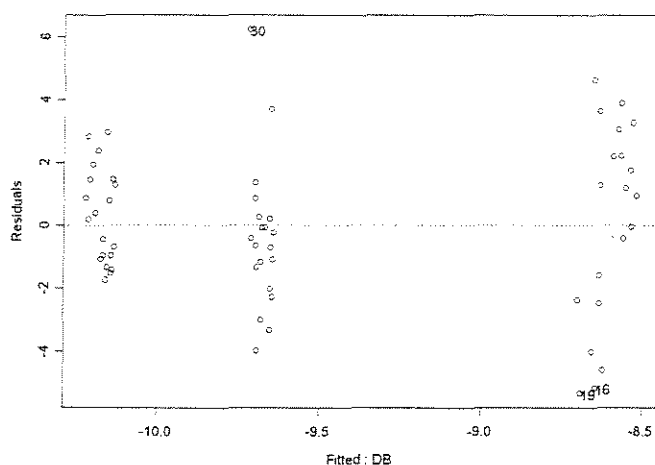
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4.91841	4.91841	4.620418	0.03577719
Residuals	58	61.74070	1.064495		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0762AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	DB
(Intercept)	-11.41794
	3.066558

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 2.449451

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0762AA10xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.4179	0.9863	-11.5765	0.0000
DB	3.0666	1.4798	2.0722	0.0427

Residual standard error: 2.449 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.06893

F-statistic: 4.294 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.0427

Analysis of Variance Table

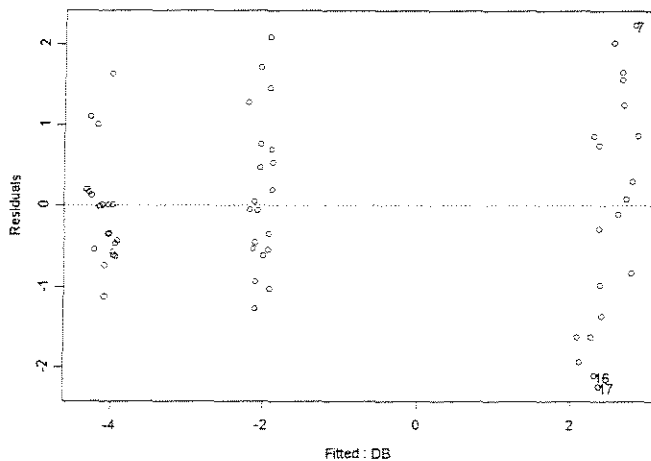
Response: FNMAX

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
DB 1    25.7644 25.76442 4.294204 0.04269779
Residuals 58 347.9891 5.99981

```

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP1143AA10xDENS, na.action = na.omit)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      DB
-9.33963    12.88873

```

```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.070006

```

```

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP1143AA10xDENS, na.action =
na.omit)

```

```

Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -9.3396   0.4309  -21.6771  0.0000
DB           12.8887   0.6464   19.9381  0.0000

```

```

Residual standard error: 1.07 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8727
F-statistic: 397.5 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

```

Analysis of Variance Table

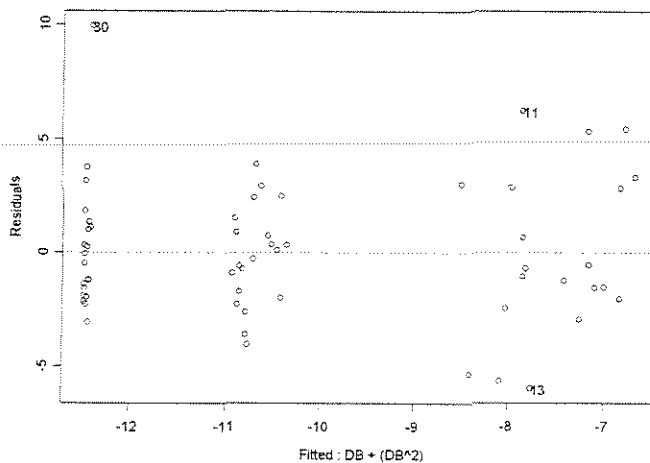
Response: FNMAX

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
DB 1    455.1329 455.1329 397.5259 0
Residuals 58 66.4050 1.1449

```


ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.0RDESP1524AA10xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
5.033075 -58.53227 48.83973

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 2.996647

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.0RDESP1524AA10xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.0331	6.0777	0.8281	0.4111
DB	-58.5323	19.7423	-2.9648	0.0044
I(DB^2)	48.8397	14.5297	3.3614	0.0014

Residual standard error: 2.997 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.3348
F-statistic: 14.34 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 9.001e-006

Analysis of Variance Table

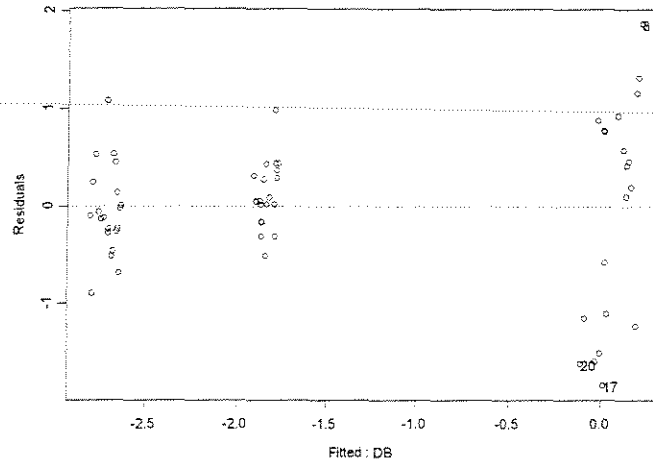
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	156.1493	156.1493	17.38876	0.000104874
I(DB^2)	1	101.4623	101.4623	11.29883	0.001389789
Residuals	57	511.8540	8.9799		

$\alpha = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-4.911954  5.423799
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.7432293

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.9120	0.2993	-16.4131	0.0000
DB	5.4238	0.4490	12.0792	0.0000

Residual standard error: 0.7432 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7156

F-statistic: 145.9 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

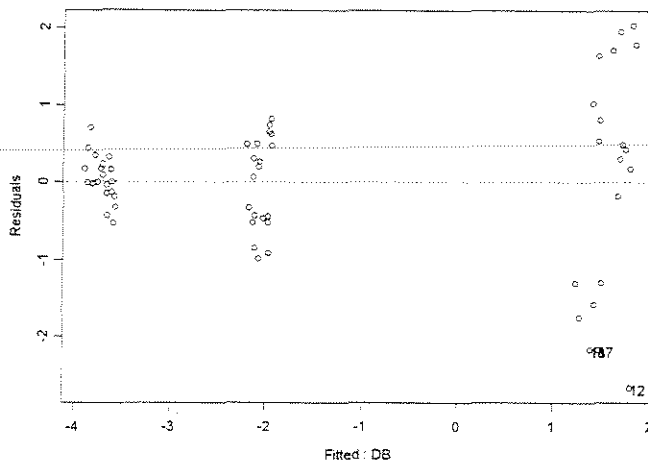
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	80.59817	80.59817	145.9081	0
Residuals	58	32.03861	0.55239		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0762AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-7.932052 10.34422

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.9594027

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0762AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.9321	0.3863	-20.5325	0.0000
DB	10.3442	0.5796	17.8466	0.0000

Residual standard error: 0.9594 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.846

F-statistic: 318.5 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

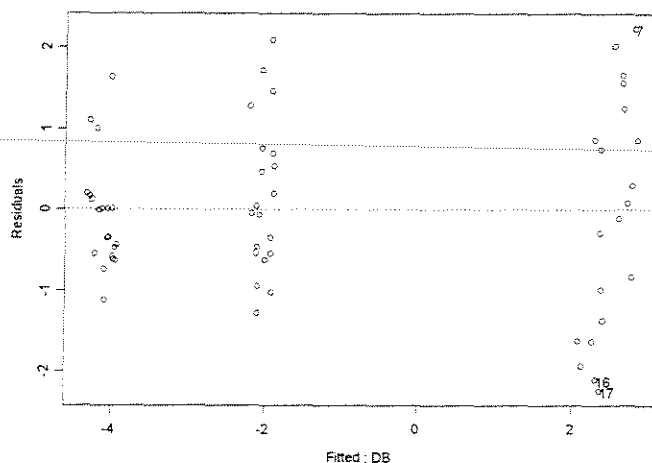
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	293.1662	293.1662	318.5019	0
Residuals	58	53.3863	0.9205		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-9.33963 12.88873
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.070006

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-9.3396	0.4309	-21.6771	0.0000
DB	12.8887	0.6464	19.9381	0.0000

Residual standard error: 1.07 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8727

F-statistic: 397.5 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

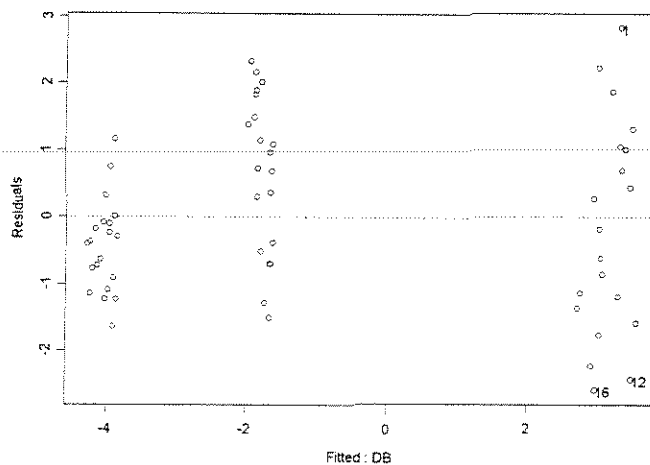
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	455.1329	455.1329	397.5259	0
Residuals	58	66.4050	1.1449		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-9.789883 14.11746

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.301749

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.0RDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-9.7899	0.5242	-18.6770	0.0000
DB	14.1175	0.7864	17.9510	0.0000

Residual standard error: 1.302 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8475

F-statistic: 322.2 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

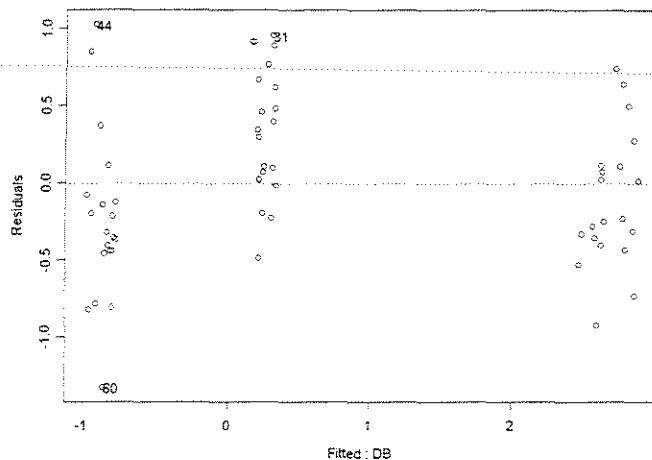
Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	546.0486	546.0486	322.2378	0
Residuals	58	98.2840	1.6946		

$$\gamma = 30^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0381AA30Xdens, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-3.683196 6.934068

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.5371706

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB, data = FNMAX90.ORDESP0381AA30Xdens, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.6832	0.2163	-17.0283	0.0000
DB	6.9341	0.3245	21.3666	0.0000

Residual standard error: 0.5372 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8873
F-statistic: 456.5 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

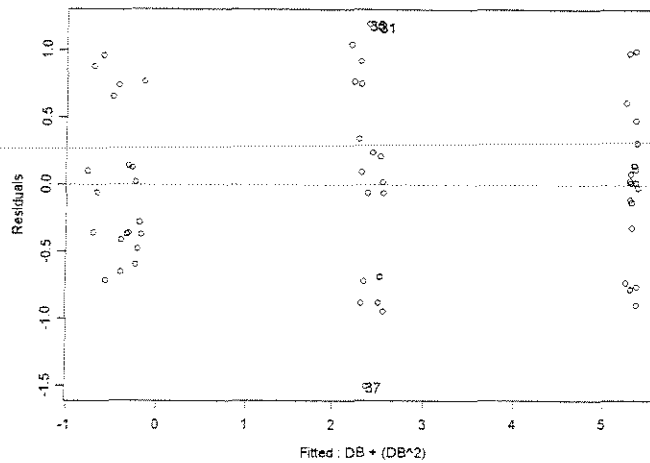
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	131.7329	131.7329	456.5304	0
Residuals	58	16.7360	0.2886		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.ORDESP0762AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-11.66982 34.89228 -17.82642

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.6403332

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.ORDESP0762AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11.6698	1.2987	-8.9858	0.0000
DB	34.8923	4.2186	8.2711	0.0000
I(DB^2)	-17.8264	3.1048	-5.7417	0.0000

Residual standard error: 0.6403 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9341
F-statistic: 404.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

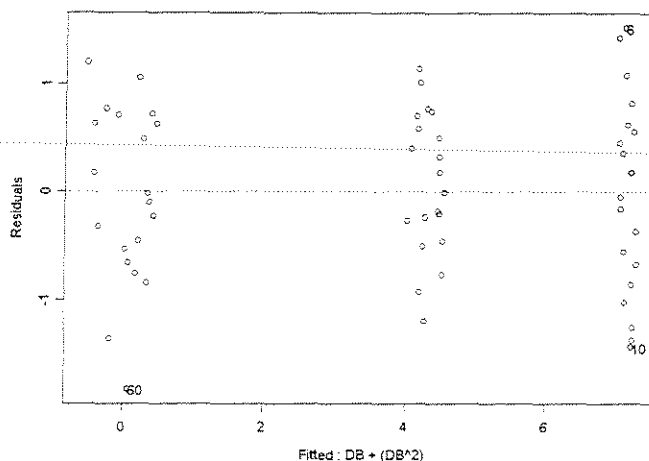
Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	317.9495	317.9495	775.4361	0.000000e+000
I(DB^2)	1	13.5172	13.5172	32.9666	3.795623e-007
Residuals	57	23.3715	0.4100		

ESPESSURA = 1,143mm



```
*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.ORDESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB      I(DB^2)
-19.11482  61.79612 -36.16378
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.8023329
```

```
Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.ORDESP1143AA30xDENS,
na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -19.1148  1.6273  -11.7466  0.0000
          DB  61.7961  5.2859   11.6908  0.0000
          I(DB^2) -36.1638  3.8902   -9.2960  0.0000
```

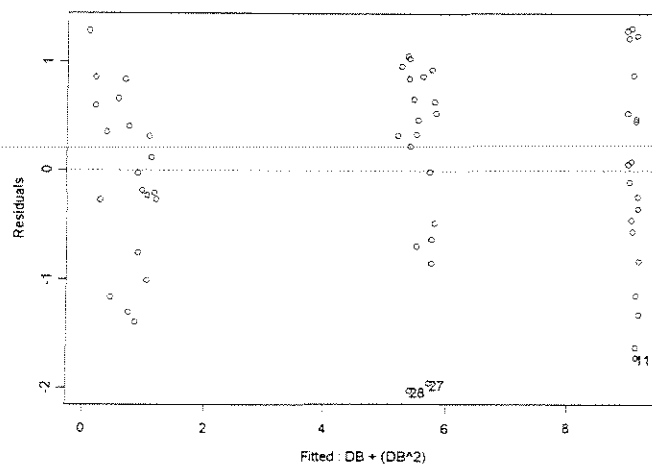
```
Residual standard error: 0.8023 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9328
F-statistic: 395.4 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
DB     1  453.4888  453.4888  704.4616 0.000000e+000
I(DB^2) 1    55.6296   55.6296   86.4165 5.090373e-013
Residuals 57   36.6931    0.6437
```


ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.0RDESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-20.64374 68.443 -39.23854

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.8982565

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + (DB^2), data = FNMAX90.0RDESP1524AA30xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-20.6437	1.8218	-11.3315	0.0000
DB	68.4430	5.9178	11.5656	0.0000
I(DB^2)	-39.2385	4.3553	-9.0093	0.0000

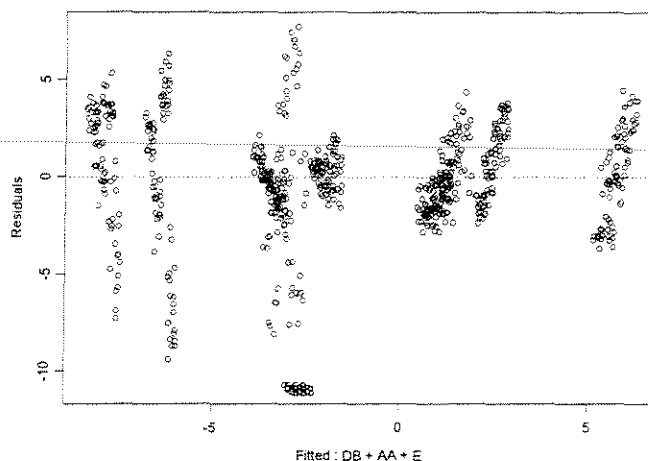
Residual standard error: 0.8983 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9393
F-statistic: 440.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	645.7297	645.7297	800.2949	0.000000e+000
I(DB^2)	1	65.4913	65.4913	81.1677	1.490807e-012
Residuals	57	45.9913	0.8069		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMAX ~ DB + AA + E, data = FNMAX90.ORDxDENSAESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept)      DB      AA      E
-16.66231  9.440164 25.34719  0.5336542

Degrees of freedom: 720 total; 716 residual
Residual standard error: 2.738528

Call: lm(formula = FNMAX ~ DB + AA + E, data = FNMAX90.ORDxDENSAESP, na.action =
na.omit)

Coefficients:
              Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept) -16.6623   0.4647  -35.8594  0.0000
DB           9.4402   0.4776   19.7657  0.0000
AA          25.3472   0.7162   35.3924  0.0000
E            0.5337   0.2396    2.2274  0.0262

Residual standard error: 2.739 on 716 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.6972
F-statistic: 549.4 on 3 and 716 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMAX

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq  F Value    Pr(F)
DB     1  2929.938 2929.938  390.682 0.00000000
AA     1  9394.111 9394.111 1252.625 0.00000000
E      1   37.206   37.206   4.961 0.02623385
Residuals 716 5369.669   7.500

```

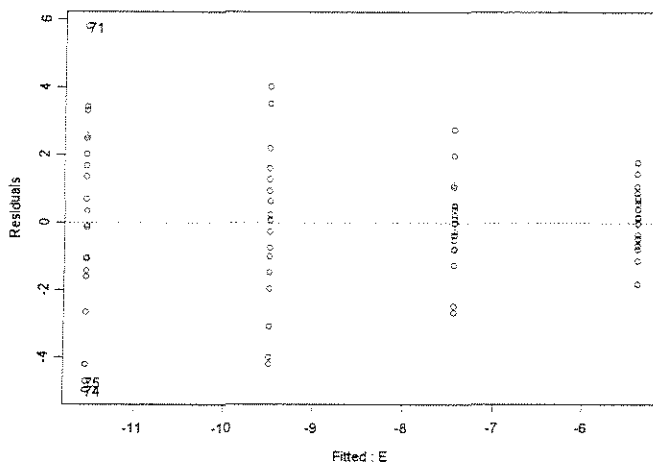
FORÇA NORMAL MÉDIA

CORTE 90°-0° TANGENCIAL

• FORÇA x ESPESSURA

$\gamma = 10^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-3.338023 -5.381029
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.939652

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.3380	0.5312	-6.2840	0.0000
E	-5.3810	0.5091	-10.5698	0.0000

Residual standard error: 1.94 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.5889

F-statistic: 111.7 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.11e-016

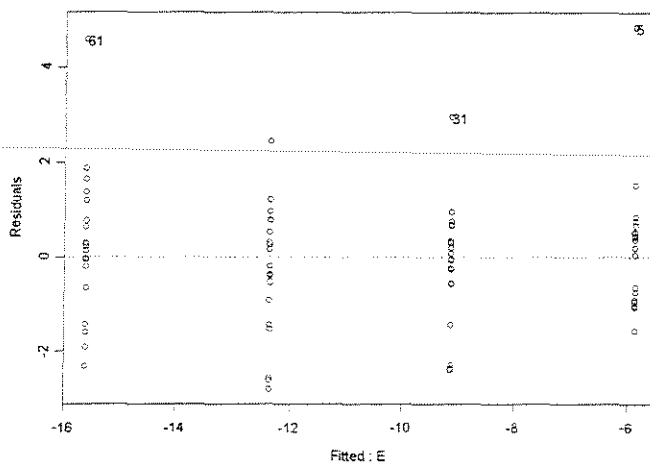
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	420.3205	420.3205	111.7205	1.110223e-016
Residuals	78	293.4555	3.7622		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept) E
-2.611419 -8.529473

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.384202

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA10xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.6114	0.3791	-6.8888	0.0000
E	-8.5295	0.3633	-23.4773	0.0000

Residual standard error: 1.384 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.876

F-statistic: 551.2 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

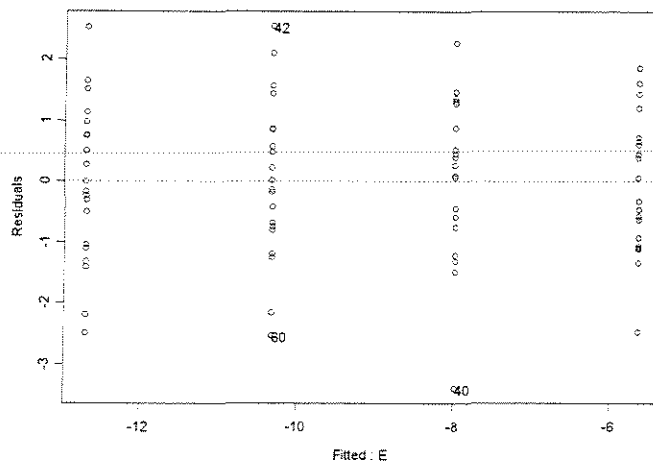
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1056.074	1056.074	551.1827	0
Residuals	78	149.449	1.916		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA10xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-3.283441 -6.165259
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.255996

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA10xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.2834	0.3440	-9.5458	0.0000
E	-6.1653	0.3297	-18.7020	0.0000

Residual standard error: 1.256 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8177

F-statistic: 349.8 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

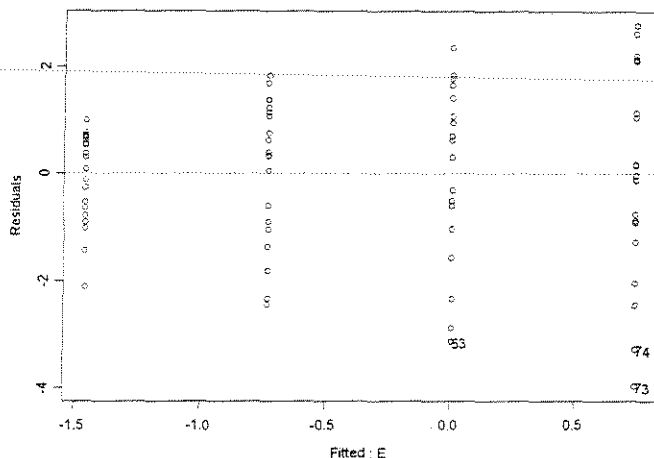
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	551.7631	551.7631	349.7649	0
Residuals	78	123.0470	1.5775		

$\gamma = 20^\circ$

CITRIODORA



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept)          E
-2.190784  1.924024

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 1.469431

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.1908  0.4024    -5.4440  0.0000
              E  1.9240  0.3857     4.9887  0.0000

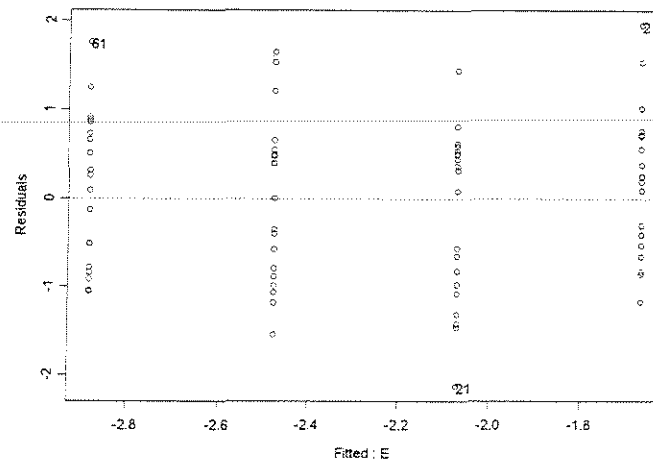
Residual standard error: 1.469 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.2419
F-statistic: 24.89 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 3.603e-006

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
E      1  53.7367  53.73667  24.88698 3.603241e-006
Residuals 78  168.4198  2.15923
    
```

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-1.259967 -1.064758
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.9004756

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA20xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2600	0.2466	-5.1092	0.0000
E	-1.0648	0.2363	-4.5051	0.0000

Residual standard error: 0.9005 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.2065

F-statistic: 20.3 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.00002296

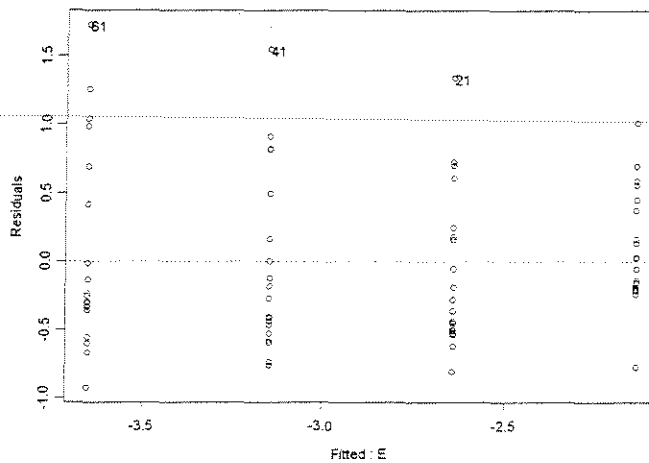
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.45703	16.45703	20.29586	0.00002296299
Residuals	78	63.24679	0.81086		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-1.632111 -1.323165
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.5982613

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.6321	0.1638	-9.9616	0.0000
E	-1.3232	0.1570	-8.4265	0.0000

Residual standard error: 0.5983 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4765

F-statistic: 71.01 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.401e-012

Analysis of Variance Table

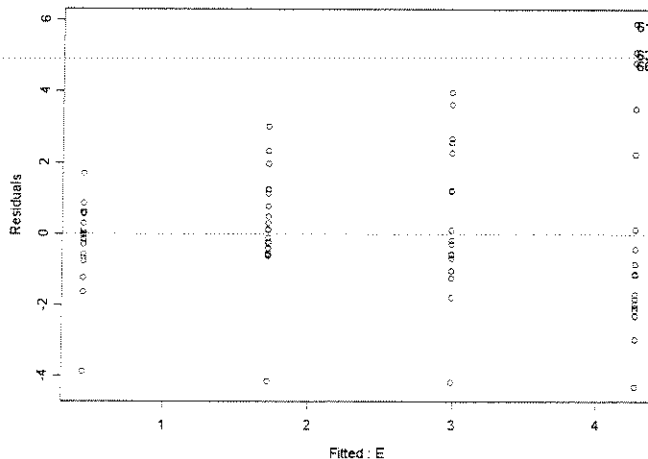
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	25.41427	25.41427	71.00613	1.400879e-012
Residuals	78	27.91749	0.35792		

$$\gamma = 30^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-0.8217819 3.335545

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 1.988823

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = CFNMD90.0TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.8218	0.5447	-1.5088	0.1354
E	3.3355	0.5220	6.3899	0.0000

Residual standard error: 1.989 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3436

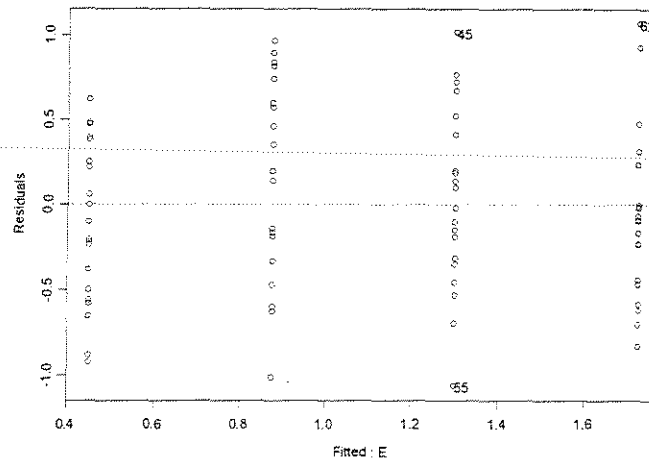
F-statistic: 40.83 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.112e-008

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)					
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	161.5041	161.5041	40.83114	1.111865e-008
Residuals	78	308.5224	3.9554		

SALIGNA



```
*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA30xESP, na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      E
 0.02602038  1.114973
```

```
Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 0.5294837
```

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.0TGAA30xESP, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.0260  0.1450     0.1794  0.8581
E            1.1150  0.1390     8.0230  0.0000
```

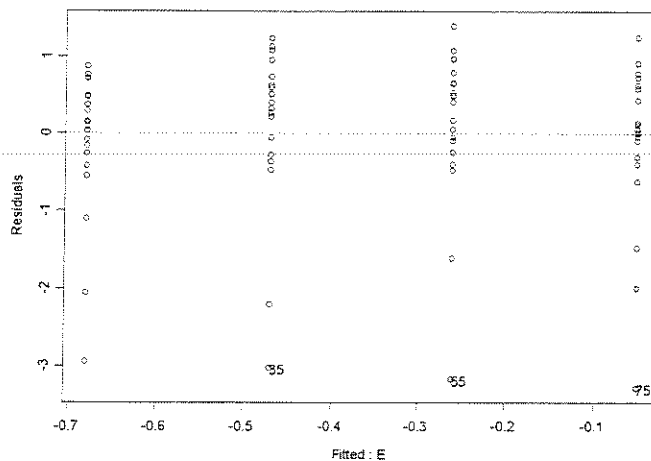
```
Residual standard error: 0.5295 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.4521
F-statistic: 64.37 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 8.493e-
012
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: FNMD
```

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
E      1  18.04590  18.04590  64.36849 8.493095e-012
Residuals 78  21.86753   0.28035
```

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA30xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
-0.8900035  0.5509171
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.026031

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.0TGAA30xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.8900	0.2810	-3.1674	0.0022
E	0.5509	0.2693	2.0457	0.0442

Residual standard error: 1.026 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.05092

F-statistic: 4.185 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.04415

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

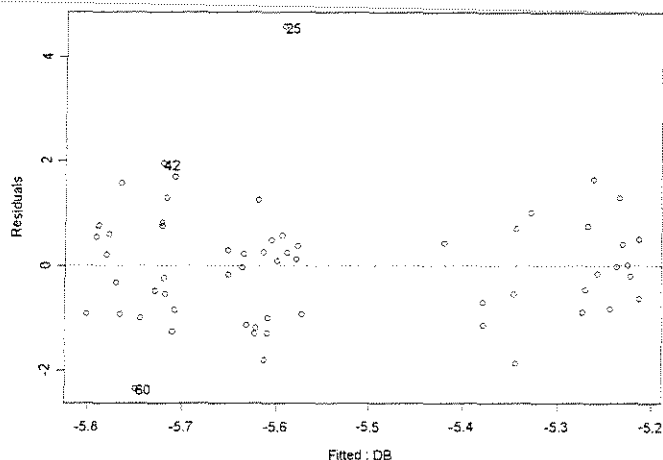
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.40578	4.405777	4.185057	0.04415277
Residuals	78	82.11371	1.052740		

• **FORÇA x DENSIDADE BÁSICA**

$$\gamma = 10^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0381AA10xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-6.154532  0.970294
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.131203

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0381AA10xDENS, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.1545	0.4713	-13.0582	0.0000
DB	0.9703	0.7160	1.3552	0.1806

Residual standard error: 1.131 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.03069

F-statistic: 1.837 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.1806

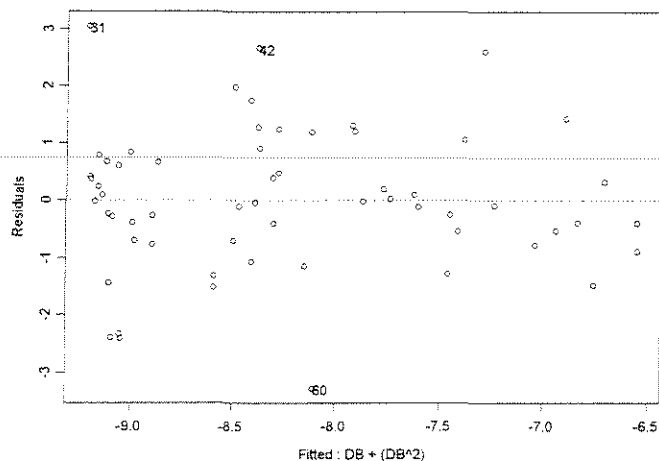
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.35010	2.350100	1.836562	0.180609
Residuals	58	74.21792	1.279619		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE0762AA10xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
0.4750773 -30.54495 24.02917

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.25631

Call: lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE0762AA10xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.4751	2.4554	0.1935	0.8473
DB	-30.5449	7.8525	-3.8899	0.0003
I(DB^2)	24.0292	5.7474	4.1809	0.0001

Residual standard error: 1.256 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.3012
F-statistic: 12.28 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is
0.0000367

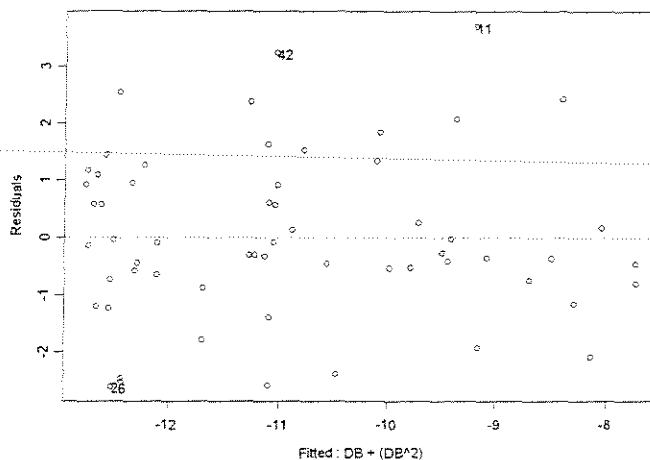
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11.18177	11.18177	7.08463	0.01008405
I(DB^2)	1	27.58852	27.58852	17.47973	0.00010111
Residuals	57	89.96394	1.57831		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.OTGE1143AA10xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
6.875589 -61.44294 47.81534

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.462417

Call: lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.OTGE1143AA10xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.8756	2.8582	2.4056	0.0194
DB	-61.4429	9.1407	-6.7219	0.0000
I(DB^2)	47.8153	6.6903	7.1470	0.0000

Residual standard error: 1.462 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5358
F-statistic: 32.89 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 3.175e-010

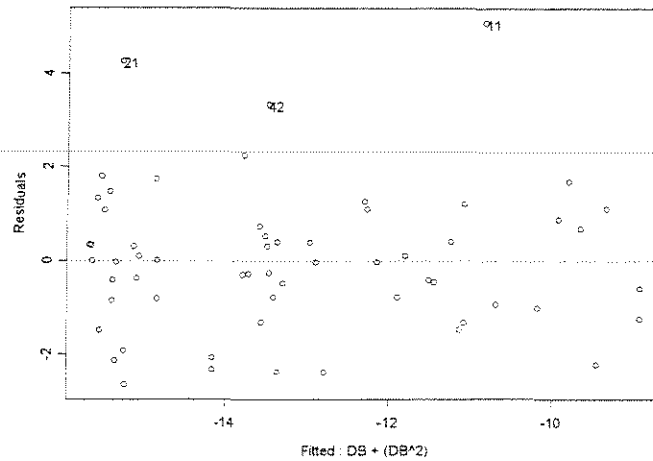
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	31.4517	31.4517	14.70622	0.0003163646
I(DB^2)	1	109.2409	109.2409	51.07903	0.0000000018
Residuals	57	121.9038	2.1387		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE1524AA10xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB  I(DB^2)
  9.596851  -79.46735  62.24159
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 1.566417

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE1524AA10xDENS, na.action
=
```

```
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.5969	3.0614	3.1347	0.0027
DB	-79.4673	9.7908	-8.1166	0.0000
I(DB^2)	62.2416	7.1661	8.6856	0.0000

Residual standard error: 1.566 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6421

F-statistic: 51.13 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 1.918e-013

Analysis of Variance Table

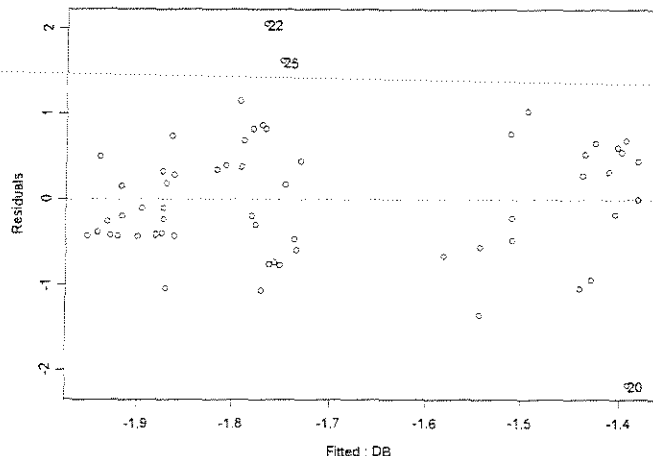
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	65.7940	65.7940	26.81460	3.040315e-006
I(DB^2)	1	185.1024	185.1024	75.43922	5.000000e-012
Residuals	57	139.8588	2.4537		

$$\gamma = 20^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0381AA20xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-2.293456  0.93876
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.7446651

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0381AA20xDENS, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.2935	0.3101	-7.3963	0.0000
DB	0.9388	0.4711	1.9926	0.0510

Residual standard error: 0.7447 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.06407

F-statistic: 3.97 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0.05102

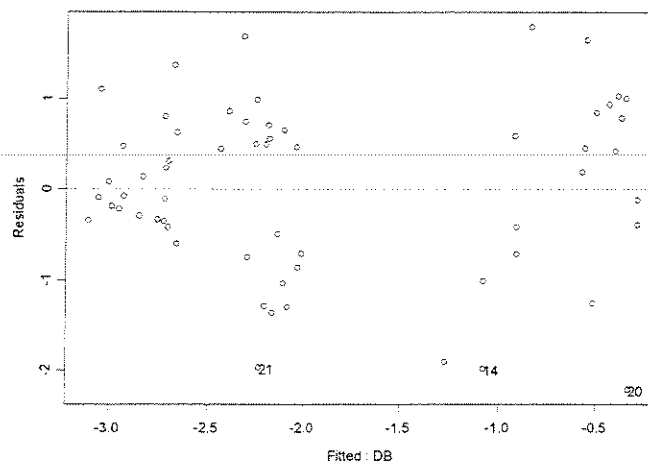
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.20163	2.201626	3.970285	0.05102308
Residuals	58	32.16251	0.554526		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-4.801975 4.660504

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.9475757

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE0762AA20xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.8020	0.3946	-12.1700	0.0000
DB	4.6605	0.5995	7.7739	0.0000

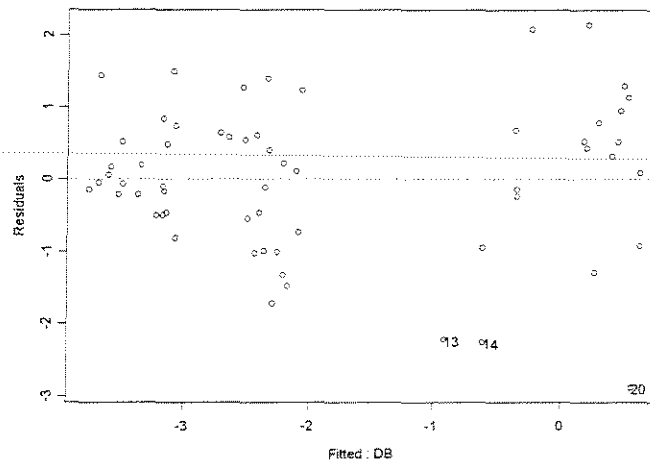
Residual standard error: 0.9476 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5103
F-statistic: 60.43 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 1.467e-010

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)					
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	54.26256	54.26256	60.43276	1.467184e-010
Residuals	58	52.07819	0.89790		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1143AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-6.396844 7.24203

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.034139

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1143AA20xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.3968	0.4306	-14.8549	0.0000
DB	7.2420	0.6543	11.0687	0.0000

Residual standard error: 1.034 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6787
F-statistic: 122.5 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 6.661e-016

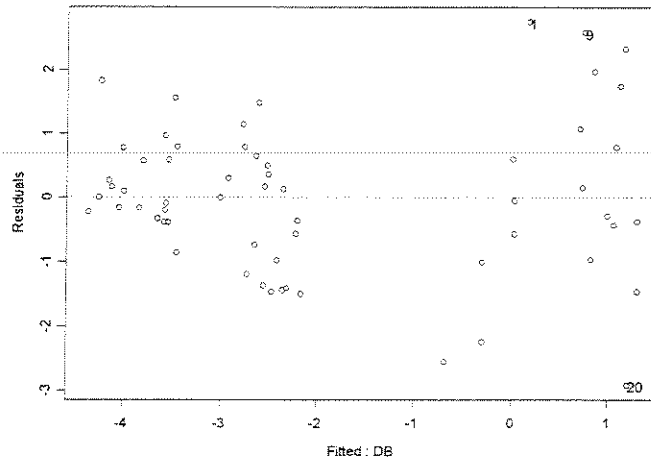
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	131.0253	131.0253	122.5172	6.661338e-016
Residuals	58	62.0278	1.0694		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1524AA20xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-7.734339  9.309217
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.194535

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1524AA20xDENS, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.7343	0.4974	-15.5492	0.0000
DB	9.3092	0.7558	12.3178	0.0000

Residual standard error: 1.195 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7235

F-statistic: 151.7 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

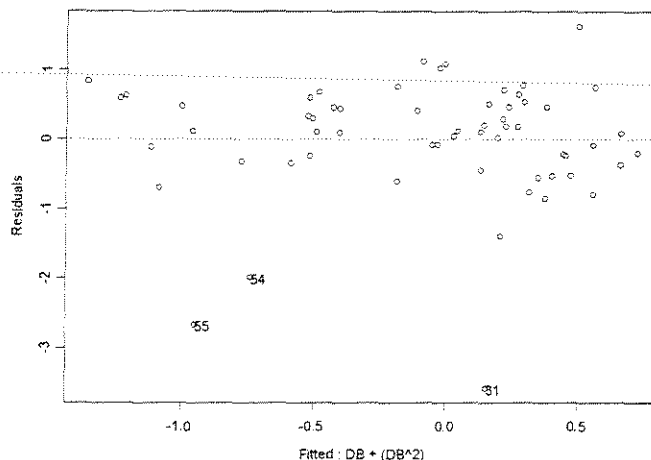
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	216.5014	216.5014	151.7271	0
Residuals	58	82.7610	1.4269		

$$\gamma = 30^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE0381AA30xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
-7.66127  23.05926 -15.82699
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.8758644

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE0381AA30xDENS,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.6613	1.7131	-4.4722	0.0000
DB	23.0593	5.4799	4.2080	0.0001
I(DB^2)	-15.8270	4.0111	-3.9458	0.0002

Residual standard error: 0.8759 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.2908

F-statistic: 11.69 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0.00005586

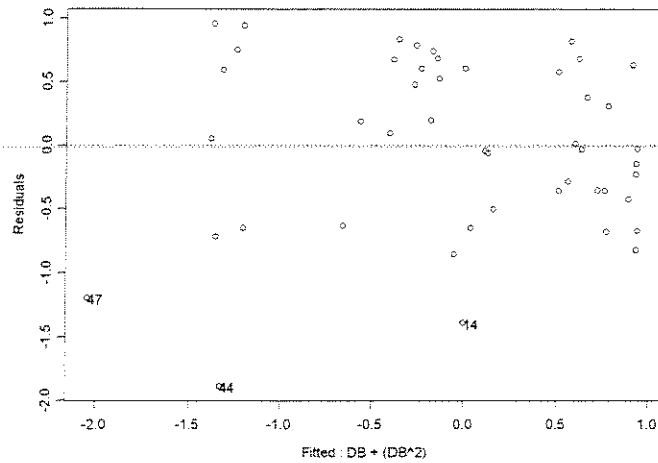
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5.98486	5.98486	7.80154	0.007095321
I(DB^2)	1	11.94375	11.94375	15.56922	0.000220579
Residuals	57	43.72689	0.76714		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.0TGE0762AA30xDENS,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-10.51179 28.23444 -17.3903

Degrees of freedom: 47 total; 44 residual
Residual standard error: 0.6903597

Call: lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data =
FNMD90.0TGE0762AA30xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.5118	2.0771	-5.0607	0.0000
DB	28.2344	6.2836	4.4934	0.0001
I(DB^2)	-17.3903	4.4273	-3.9280	0.0003

Residual standard error: 0.6904 on 44 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5921
F-statistic: 31.94 on 2 and 44 degrees of freedom, the p-value is 2.699e-009

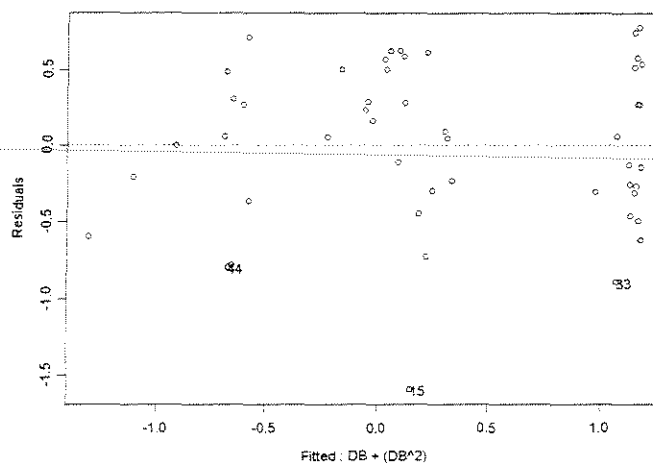
Analysis of Variance Table

Response: log(FNMD)

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	23.09191	23.09191	48.45169	0.0000000131
I(DB^2)	1	7.35350	7.35350	15.42918	0.0002983797
Residuals	44	20.97025	0.47660		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.OTGE1143AA30xDENS,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-6.000449 15.7648 -8.654669

Degrees of freedom: 50 total; 47 residual
Residual standard error: 0.5309497

Call: lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data =
FNMD90.OTGE1143AA30xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.0004	1.3773	-4.3568	0.0001
DB	15.7648	4.2226	3.7334	0.0005
I(DB^2)	-8.6547	3.0062	-2.8790	0.0060

Residual standard error: 0.5309 on 47 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6771
F-statistic: 49.27 on 2 and 47 degrees of freedom, the p-value is 2.909e-012

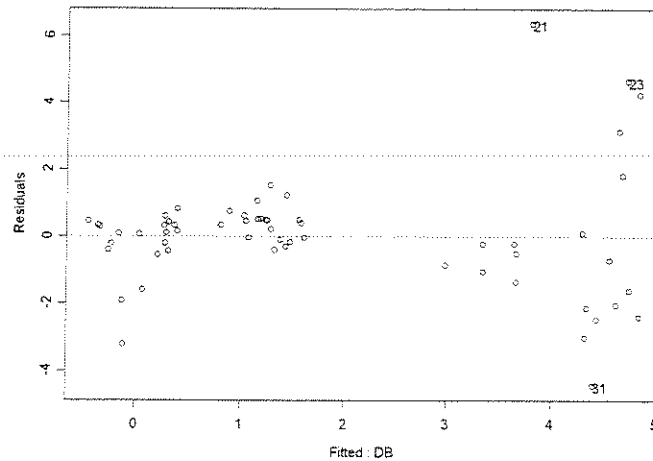
Analysis of Variance Table

Response: log(FNMD)

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	25.44422	25.44422	90.25730	0.000000000
I(DB^2)	1	2.33660	2.33660	8.28854	0.005987794
Residuals	47	13.24966	0.28191		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-3.616962 8.71915

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.747205

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.0TGE1524AA30xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.6170	0.7275	-4.9715	0.0000
DB	8.7191	1.1054	7.8876	0.0000

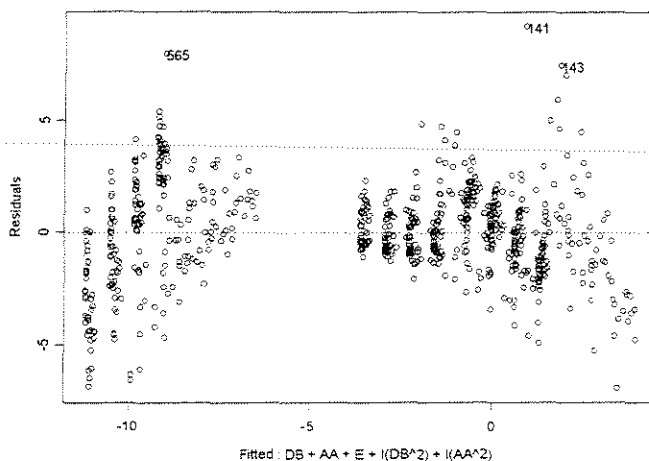
Residual standard error: 1.747 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5175
F-statistic: 62.21 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 9.451e-011

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)					
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	189.9253	189.9253	62.215	9.451151e-011
Residuals	58	177.0580	3.0527		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB + AA + E + I(DB^2) + I(AA^2), data =
  FNMD90.0TGxDENSAESP,
  na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	AA	E	I(DB^2)	I(AA^2)
-18.99649	-8.581943	84.36441	-1.726469	9.709742	-77.84688

Degrees of freedom: 720 total; 714 residual

Residual standard error: 2.135742

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB + AA + E + I(DB^2) + I(AA^2), data =
  FNMD90.0TGxDENSAESP,
  na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-18.9965	1.3568	-14.0013	0.0000
DB	-8.5819	3.8561	-2.2255	0.0264
AA	84.3644	3.9097	21.5780	0.0000
E	-1.7265	0.1869	-9.2397	0.0000
I(DB^2)	9.7097	2.8225	3.4401	0.0006
I(AA^2)	-77.8469	5.5429	-14.0445	0.0000

Residual standard error: 2.136 on 714 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8231

F-statistic: 664.5 on 5 and 714 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	636.44	636.44	139.528	0.000000000
AA	1	13175.64	13175.64	2888.513	0.000000000
E	1	389.41	389.41	85.371	0.000000000
I(DB^2)	1	54.17	54.17	11.875	0.000602253
I(AA^2)	1	899.73	899.73	197.249	0.000000000
Residuals	714	3256.83	4.56		

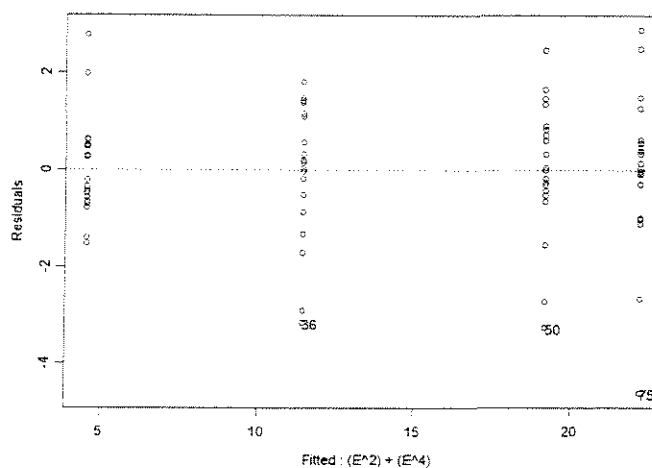
FORÇA NORMAL MÉDIA

CORTE 90°-90° RADIAL

- FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$$\gamma = 20^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ (E^2) + (E^4), data = CFNMD90.90RDAA20xESP, na.action =
```

```
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept) I(E^2)    I(E^4)
 1.886295 19.064 -4.443116
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.374608

```
Call: lm(formula = FNMD ~ (E^2) + (E^4), data = CFNMD90.90RDAA20xESP,
na.action =
```

```
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8863	0.3678	5.1283	0.0000
I(E^2)	19.0640	0.7870	24.2245	0.0000
I(E^4)	-4.4431	0.3040	-14.6153	0.0000

Residual standard error: 1.375 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.963

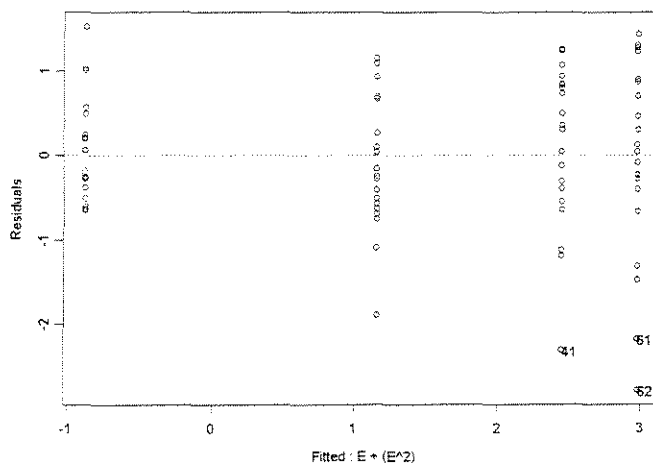
F-statistic: 1002 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(E^2)	1	3383.963	3383.963	1790.886	0
I(E^4)	1	403.619	403.619	213.606	0
Residuals	77	145.495	1.890		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.90RDAA20xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	-3.661467	8.300371
		-2.58532

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.9020201

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.90RDAA20xESP,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.6615	0.5615	-6.5208	0.0000
E	8.3004	1.3445	6.1736	0.0000
I(E^2)	-2.5853	0.6947	-3.7213	0.0004

Residual standard error: 0.902 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7382

F-statistic: 108.6 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

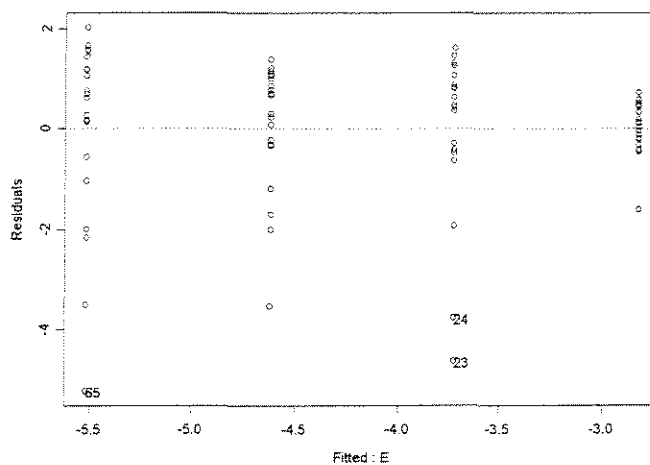
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	165.3804	165.3804	203.2598	0.0000000000
I(E^2)	1	11.2673	11.2673	13.8480	0.0003749362
Residuals	77	62.6503	0.8136		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
-1.924424	-2.358162

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.425369

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
-------	------------	---------	----------

```
(Intercept) -1.9244  0.3904   -4.9300  0.0000
              E -2.3582  0.3741   -6.3033  0.0000
```

Residual standard error: 1.425 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3375

F-statistic: 39.73 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.611e-008

Analysis of Variance Table

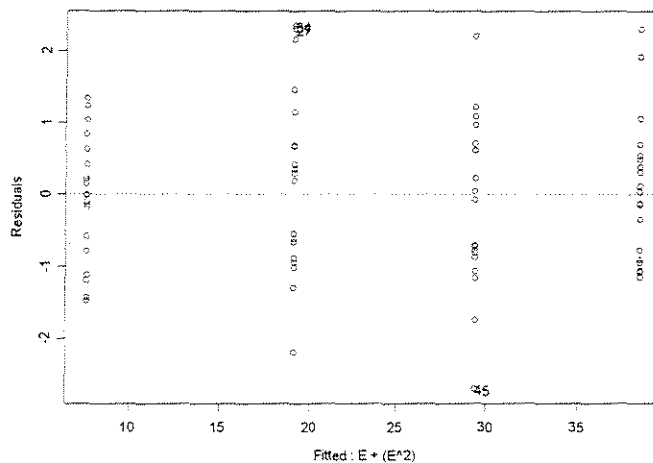
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	80.7230	80.72301	39.73218	1.610899e-008
Residuals	78	158.4709	2.03168		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90RDAA30xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-4.961534  34.72579 -4.077758
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.069657

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90RDAA30xESP,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.9615	0.6659	-7.4514	0.0000
E	34.7258	1.5944	21.7805	0.0000
I(E^2)	-4.0778	0.8239	-4.9496	0.0000

Residual standard error: 1.07 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9917

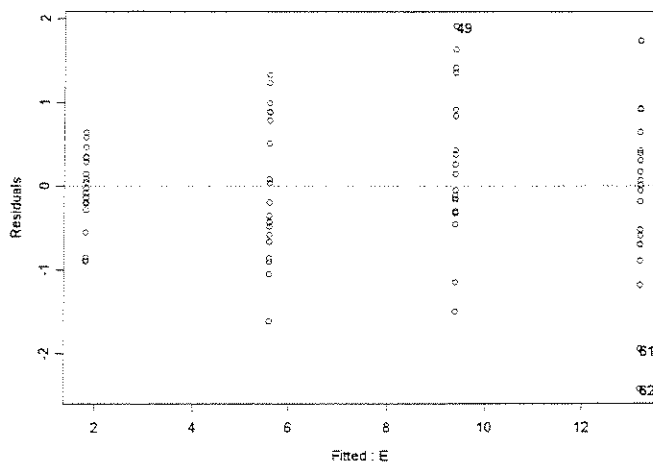
F-statistic: 4622 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	10549.08	10549.08	9219.888	0.00000e+000
I(E^2)	1	28.03	28.03	24.499	4.27801e-006
Residuals	77	88.10	1.14		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
-1.968308	9.932799

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.830982

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
-------	------------	---------	----------

```
(Intercept)  -1.9683   0.2276   -8.6491   0.0000
              E    9.9328   0.2181   45.5413   0.0000
```

Residual standard error: 0.831 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9638

F-statistic: 2074 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

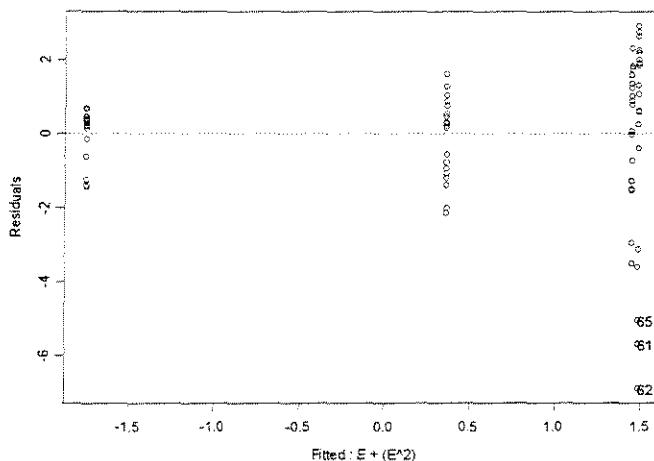
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1432.166	1432.166	2074.006	0
Residuals	78	53.861	0.691		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = GFNMD90.90RDAA30xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-4.921214  9.677832 -3.592134
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.849643

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = GFNMD90.90RDAA30xESP,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
```

```
(Intercept) -4.9212  1.1514  -4.2741  0.0001
             E   9.6778  2.7569   3.5103  0.0008
             I(E^2) -3.5921  1.4246  -2.5215  0.0138
```

Residual standard error: 1.85 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3444

F-statistic: 20.23 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 8.705e-008

Analysis of Variance Table

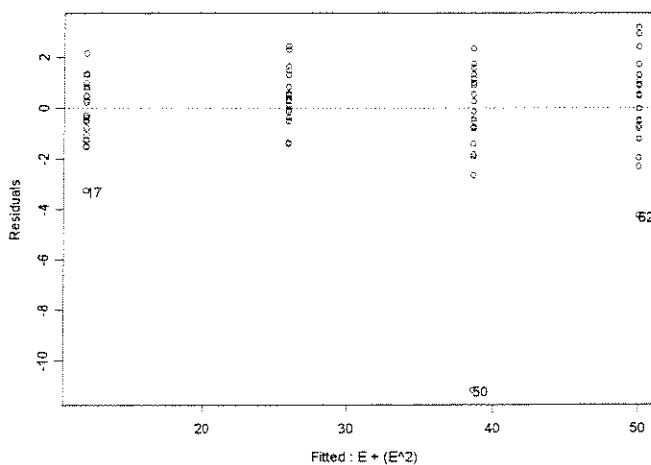
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	116.6541	116.6541	34.09764	0.00000012
I(E^2)	1	21.7518	21.7518	6.35798	0.01375110
Residuals	77	263.4307	3.4212		

$\gamma = 40^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-3.255647  41.64381 -4.372793
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.920674

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.2556	1.1956	-2.7230	0.0080
E	41.6438	2.8628	14.5464	0.0000
I(E^2)	-4.3728	1.4793	-2.9560	0.0041

Residual standard error: 1.921 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9827

F-statistic: 2188 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

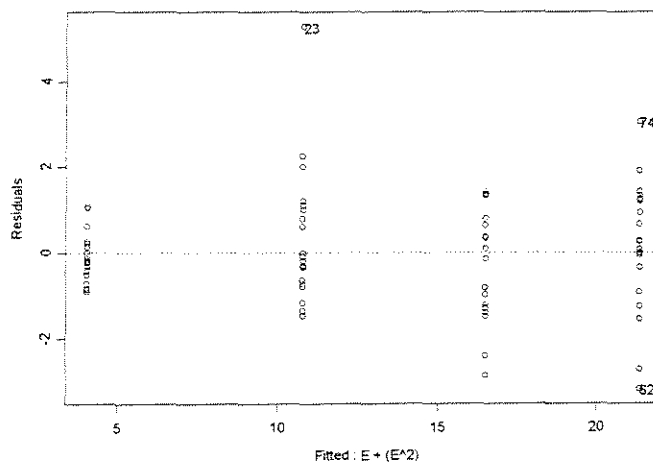
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16109.95	16109.95	4367.037	0.000000000
I(E^2)	1	32.23	32.23	8.738	0.004135166
Residuals	77	284.05	3.69		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	-3.62958	-3.279379

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 1.31626

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E + (E^2), data = SFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.6296	0.8194	-4.4297	0.0000
E	21.3625	1.9619	10.8886	0.0000
I(E^2)	-3.2794	1.0138	-3.2348	0.0018

Residual standard error: 1.316 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9615

F-statistic: 962.4 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

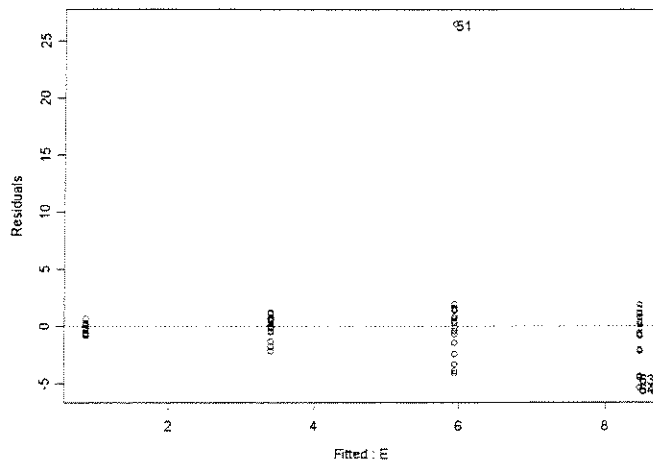
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	3316.521	3316.521	1914.254	0.000000000
I(E^2)	1	18.129	18.129	10.464	0.001794694
Residuals	77	133.406	1.733		

GRANDSI



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
-1.665328	6.654496

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 3.362305

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
--	-------	------------	---------	----------

```
(Intercept) -1.6653  0.9208  -1.8086  0.0744
            E  6.6545  0.8825   7.5405  0.0000
```

Residual standard error: 3.362 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4216

F-statistic: 56.86 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 7.263e-011

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

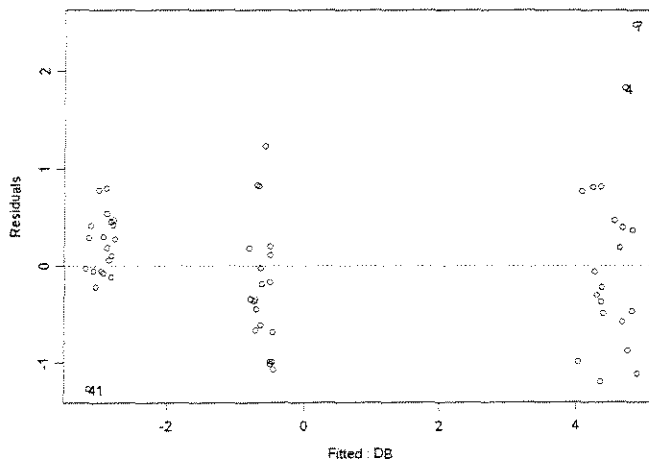
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	642.8066	642.8066	56.85989	7.26339e-011
Residuals	78	881.7975	11.3051		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-8.908496  14.61416
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.7302788

Call: `lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0381AA20xDENS, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.9085	0.2941	-30.2952	0.0000
DB	14.6142	0.4412	33.1241	0.0000

Residual standard error: 0.7303 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9498

F-statistic: 1097 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

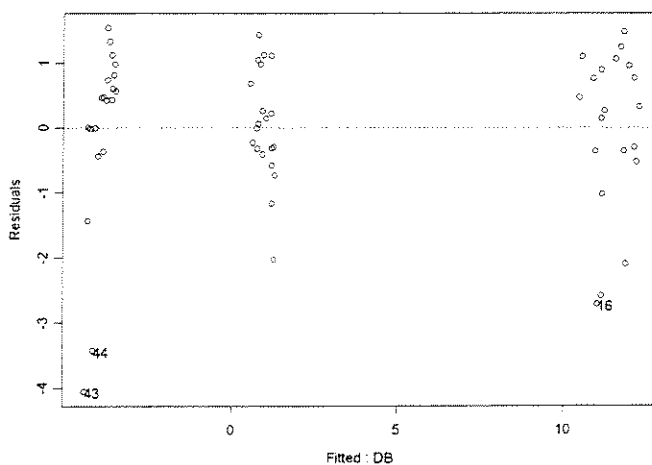
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	585.1480	585.1480	1097.207	0
Residuals	58	30.9318	0.5333		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA20xDENS, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	DB
(Intercept)	-15.92779 29.80557

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.197278

Call: `lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA20xDENS, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-15.9278	0.4821	-33.0384	0.0000
DB	29.8056	0.7233	41.2061	0.0000

Residual standard error: 1.197 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.967

F-statistic: 1698 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

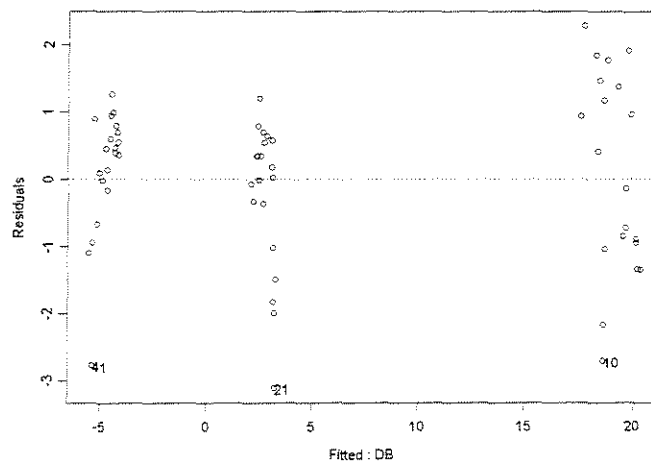
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2433.958	2433.958	1697.943	0
Residuals	58	83.141	1.433		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	DB
(Intercept)	-23.71968 46.67241

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.202959

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA20xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
--	-------	------------	---------	----------

```
(Intercept) -23.7197    0.4844   -48.9684    0.0000
              DB  46.6724    0.7268    64.2197    0.0000
```

Residual standard error: 1.203 on 58 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9861
 F-statistic: 4124 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

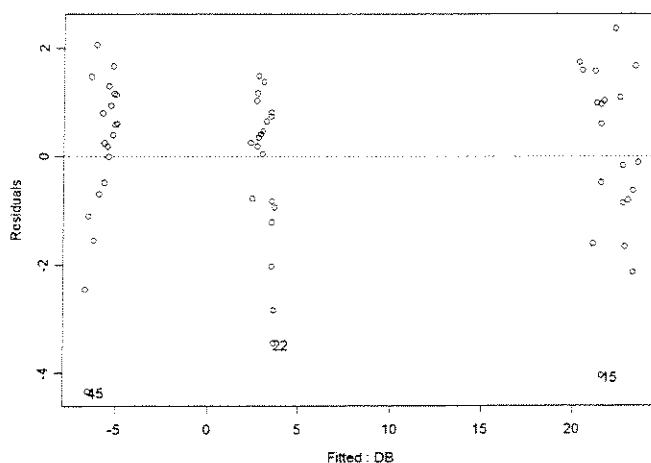
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5968.134	5968.134	4124.174	0
Residuals	58	83.932	1.447		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) DB
 -27.76572 54.33164

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
 Residual standard error: 1.502856

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA20xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-27.7657	0.6051	-45.8828	0.0000
DB	54.3316	0.9079	59.8404	0.0000

Residual standard error: 1.503 on 58 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9841
 F-statistic: 3581 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

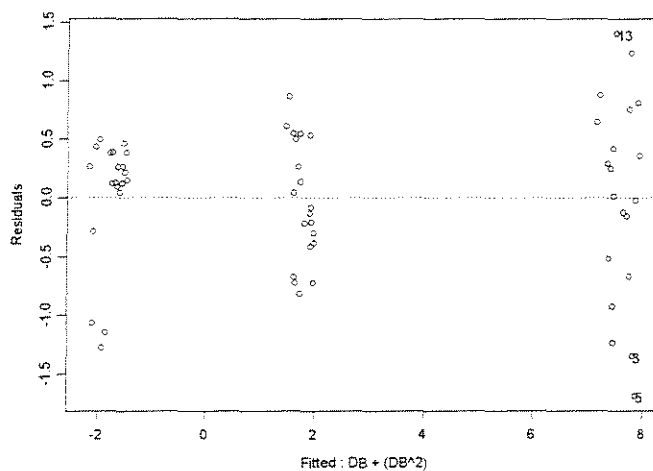
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
DB	1	8087.675	8087.675	3580.873	0
Residuals	58	130.997	2.259		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.90RDESP0381AA30xDENS,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) DB I(DB^2)
 -13.10242 32.11593 -10.41112

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
 Residual standard error: 0.6587721

Call: lm(formula = FNMD ~ DB + (DB^2), data =
 FNMD90.90RDESP0381AA30xDENS, na.action =
 na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-13.1024	1.3361	-9.8065	0.0000
DB	32.1159	4.3401	7.3999	0.0000

I(DB^2) -10.4111 3.1942 -3.2594 0.0019

Residual standard error: 0.6588 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9731

F-statistic: 1031 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

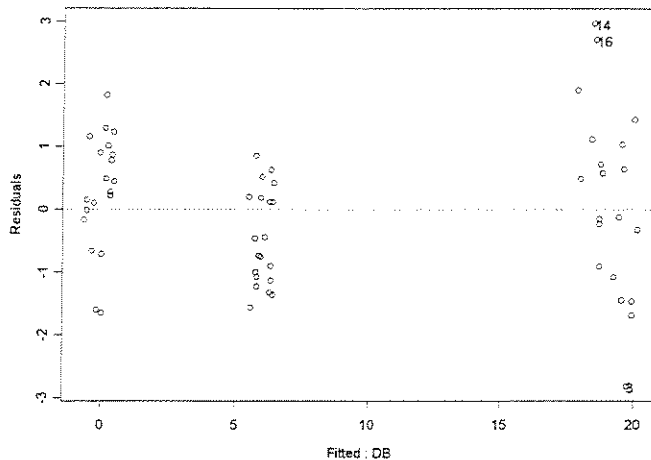
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	890.5929	890.5929	2052.149	0.000000000
I(DB^2)	1	4.6105	4.6105	10.624	0.001885301
Residuals	57	24.7369	0.4340		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA30xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	(Intercept)	DB
Value	-15.2663	37.44963

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.14248

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA30xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-15.2663	0.4600	-33.1851	0.0000
DB	37.4496	0.6902	54.2573	0.0000

Residual standard error: 1.142 on 58 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9807
 F-statistic: 2944 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

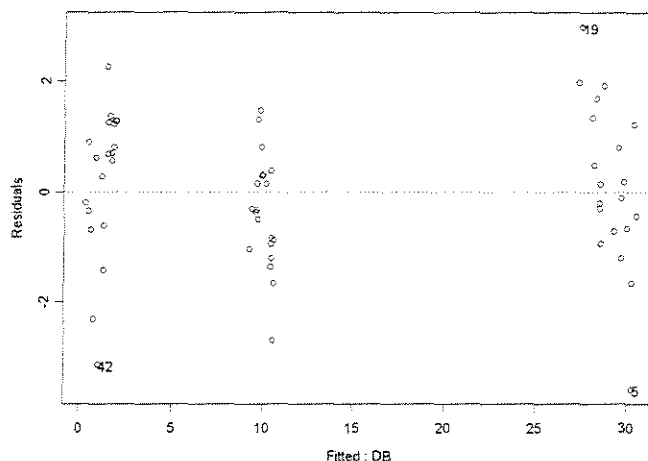
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3842.494	3842.494	2943.851	0
Residuals	58	75.705	1.305		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-20.85529  54.39637
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.312019

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-20.8553	0.5283	-39.4761	0.0000
DB	54.3964	0.7926	68.6260	0.0000

Residual standard error: 1.312 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9878

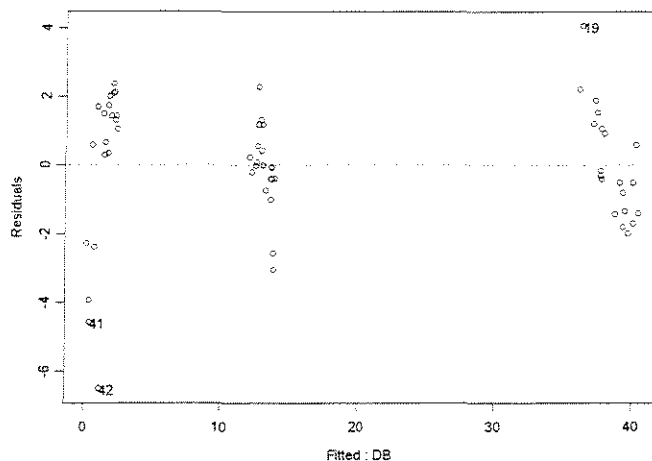
F-statistic: 4710 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	8106.959	8106.959	4709.533	0
Residuals	58	99.841	1.721		

ESPESSURA = 1,524mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB
-28.14615	72.5594

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.857777

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA30xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-28.1461	0.7481	-37.6256	0.0000
DB	72.5594	1.1224	64.6486	0.0000

Residual standard error: 1.858 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9863

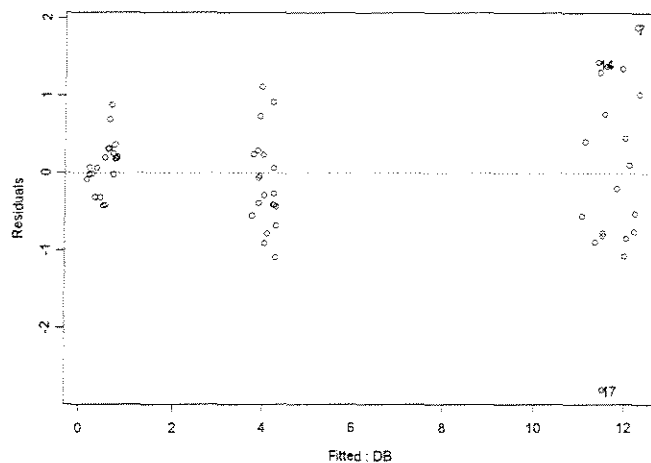
F-statistic: 4179 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	14424.65	14424.65	4179.44	0
Residuals	58	200.18	3.45		

 $\gamma = 40^\circ$ **ESPESSURA = 0,381mm**

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB
-8.403313	21.93579

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.781221

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0381AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-8.4033	0.3146	-26.7137	0.0000
DB	21.9358	0.4720	46.4770	0.0000

Residual standard error: 0.7812 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9739

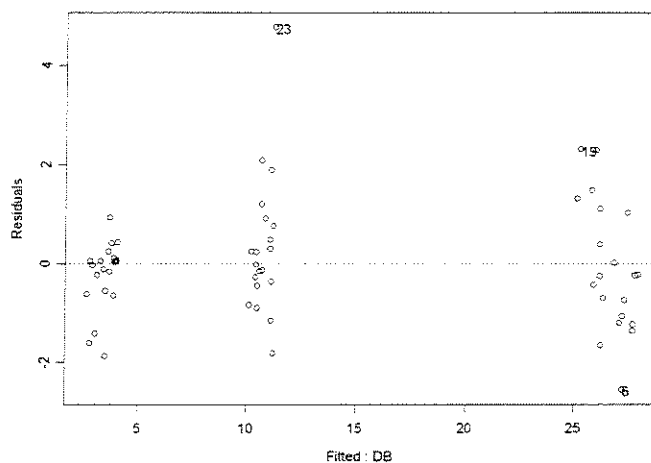
F-statistic: 2160 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1318.331	1318.331	2160.114	0
Residuals	58	35.398	0.610		

ESPESSURA = 0,762mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-14.96413  45.26928
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.208865

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP0762AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -14.9641  0.4868  -30.7420  0.0000
DB 45.2693  0.7303  61.9847  0.0000
```

Residual standard error: 1.209 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9851

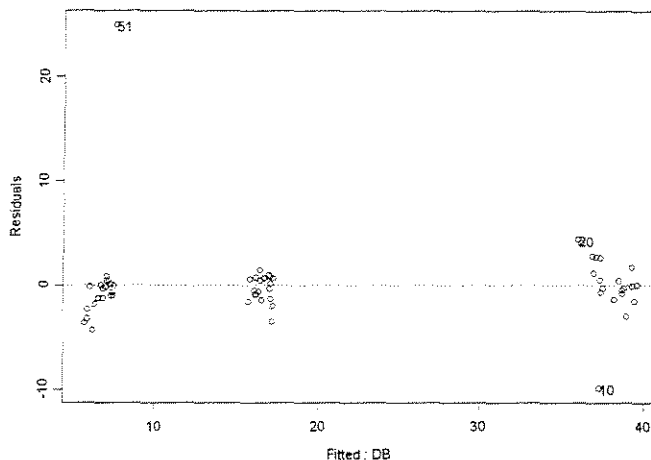
F-statistic: 3842 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5614.683	5614.683	3842.106	0
Residuals	58	84.759	1.461		

ESPESURA = 1,143mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	DB
(Intercept)	-18.1858 61.11517

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 3.904796

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1143AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-18.1858	1.5723	-11.5662	0.0000
DB	61.1152	2.3591	25.9066	0.0000

Residual standard error: 3.905 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9205

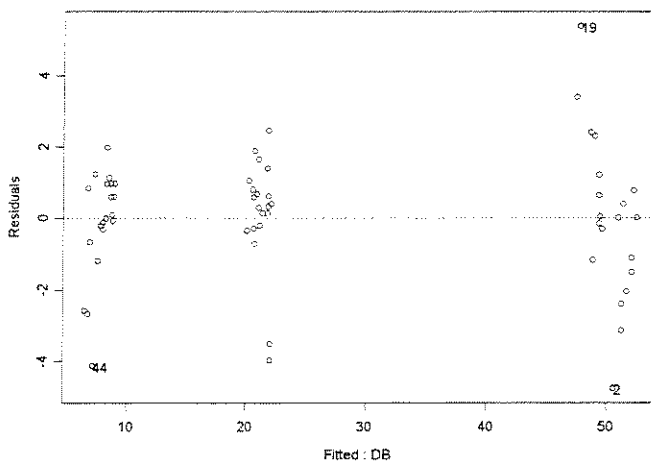
F-statistic: 671.1 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10233.31	10233.31	671.1499	0
Residuals	58	884.35	15.25		

ESPESSURA = 1,524mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-25.73539  82.74524
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.817864

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90RDESP1524AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -25.7354  0.7320  -35.1583  0.0000
DB  82.7452  1.0983   75.3426  0.0000
```

Residual standard error: 1.818 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9899

F-statistic: 5677 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

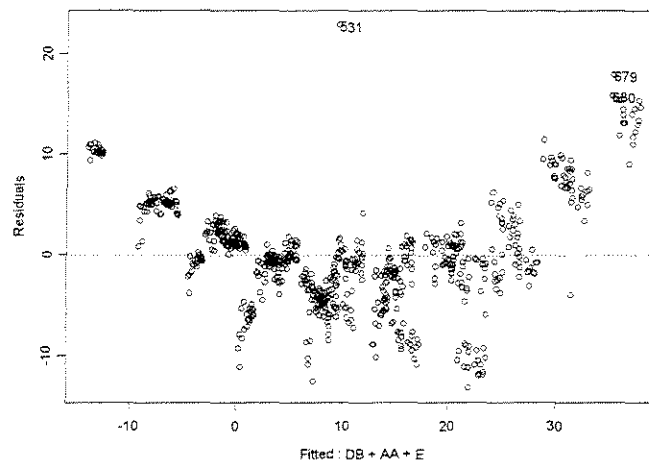
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	18758.76	18758.76	5676.51	0
Residuals	58	191.67	3.30		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FNMD ~ DB + AA + E, data = FNMD90.90RDxDENSAESP, na.action
= na.omit
)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	AA	E
-48.81324	44.91034	36.14916	12.41599

Degrees of freedom: 720 total; 716 residual

Residual standard error: 5.237024

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB + AA + E, data = FNMD90.90RDxDENSAESP,
na.action = na.omit
)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-48.8132	1.0370	-47.0736	0.0000
DB	44.9103	0.9133	49.1713	0.0000
AA	36.1492	1.3696	26.3944	0.0000
E	12.4160	0.4582	27.0984	0.0000

Residual standard error: 5.237 on 716 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8431

F-statistic: 1283 on 3 and 716 degrees of freedom, the p-value is 0
 Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	66311.97	66311.97	2417.814	0
AA	1	19106.99	19106.99	696.664	0
E	1	20139.79	20139.79	734.321	0
Residuals	716	19637.32	27.43		

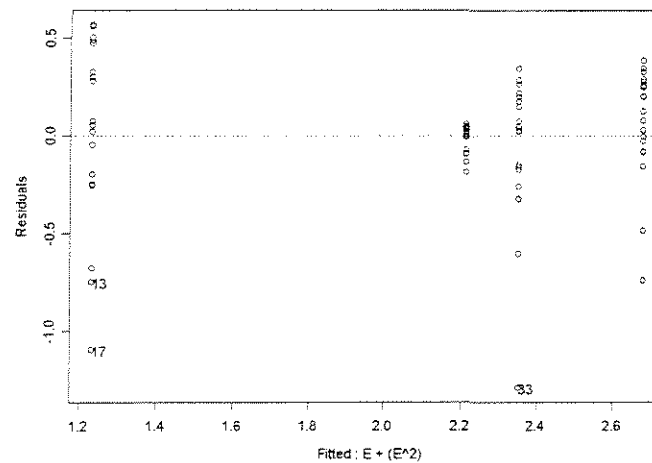
FORÇA NORMAL MÉDIA

CORTE 90°-90° TANGENCIAL

• FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$\gamma = 20^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA20xESP.LN,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-0.6798136  6.062681 -2.731956
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
 Residual standard error: 0.3372618

```
Call: lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA20xESP.LN,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.6798	0.2099	-3.2381	0.0018
E	6.0627	0.5027	12.0603	0.0000
I(E^2)	-2.7320	0.2598	-10.5172	0.0000

```
Residual standard error: 0.3373 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7266
F-statistic: 102.3 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0
```

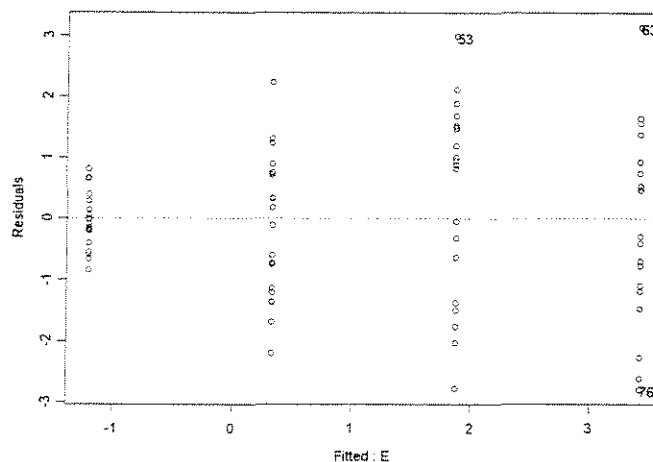
Analysis of Variance Table

Response: LNFNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	10.69382	10.69382	94.0152	5.551115e-015
I(E^2)	1	12.58164	12.58164	110.6122	1.110220e-016
Residuals	77	8.75841	0.11375		

SALIGNA



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E
-2.746338	4.04202

```
Degrees of freedom: 79 total; 77 residual
Residual standard error: 1.291214
```

```
Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)
```


Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.7463	0.3597	-7.6357	0.0000
E	4.0420	0.3428	11.7902	0.0000

Residual standard error: 1.291 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6435

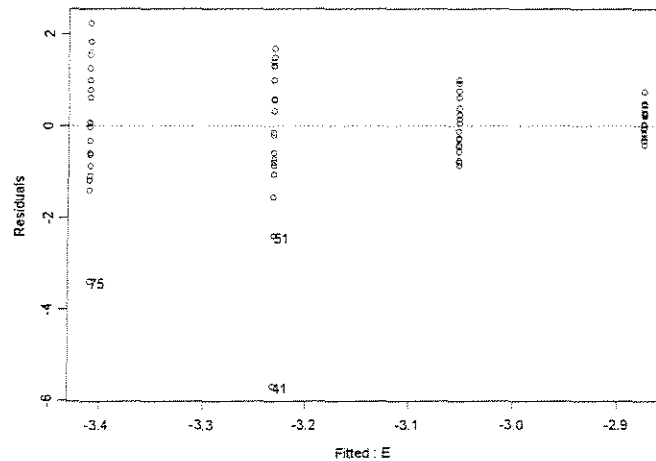
F-statistic: 139 on 1 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	231.7593	231.7593	139.0082	0
Residuals	77	128.3771	1.6672		

GRANDIS

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	E
(Intercept)	-2.695976
E	-0.4682309

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 1.142994

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA20xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.6960	0.3130	-8.6127	0.0000
E	-0.4682	0.3000	-1.5608	0.1226

Residual standard error: 1.143 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.03029
 F-statistic: 2.436 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0.1226

Analysis of Variance Table

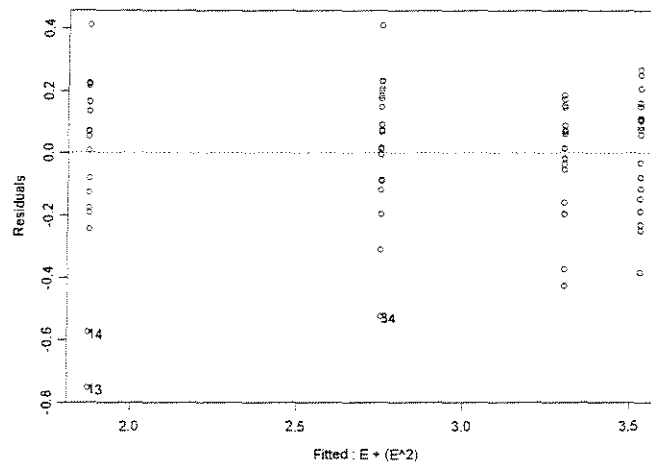
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	3.1825	3.182513	2.436027	0.1226246
Residuals	78	101.9020	1.306436		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA30xESP.LN,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E I(E^2)
 0.6738391 3.58202 -1.120533

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
 Residual standard error: 0.215836

Call: lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA30xESP.LN,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 Value Std. Error t value Pr(>|t|)
 (Intercept) 0.6738 0.1344 5.0153 0.0000

E	3.5820	0.3217	11.1343	0.0000
I(E^2)	-1.1205	0.1662	-6.7406	0.0000

Residual standard error: 0.2158 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9007
F-statistic: 349.1 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

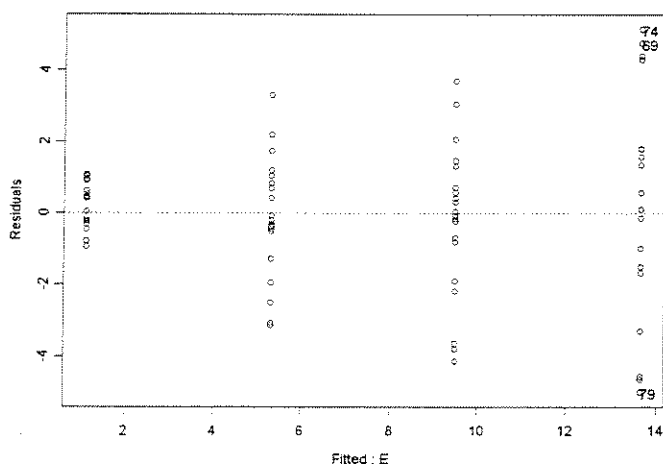
Analysis of Variance Table

Response: LNFNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	30.41094	30.41094	652.8031	0.000000e+000
I(E^2)	1	2.11660	2.11660	45.4351	2.565569e-009
Residuals	77	3.58706	0.04659		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-3.025073 10.94321

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 2.063342

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.0251	0.5651	-5.3535	0.0000
E	10.9432	0.5416	20.2069	0.0000

Residual standard error: 2.063 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.8396
 F-statistic: 408.3 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

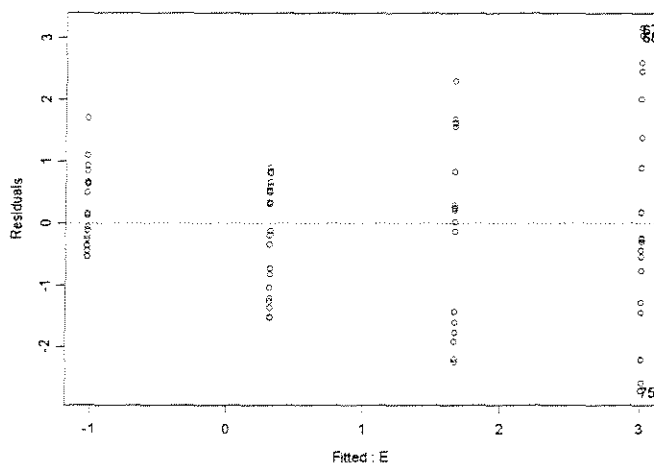
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1738.360	1738.360	408.3169	0
Residuals	78	332.076	4.257		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E
 -2.366804 3.528641

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
 Residual standard error: 1.284042

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.3668	0.3516	-6.7306	0.0000
E	3.5286	0.3370	10.4702	0.0000

Residual standard error: 1.284 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.5843
 F-statistic: 109.6 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.11e-016

Analysis of Variance Table

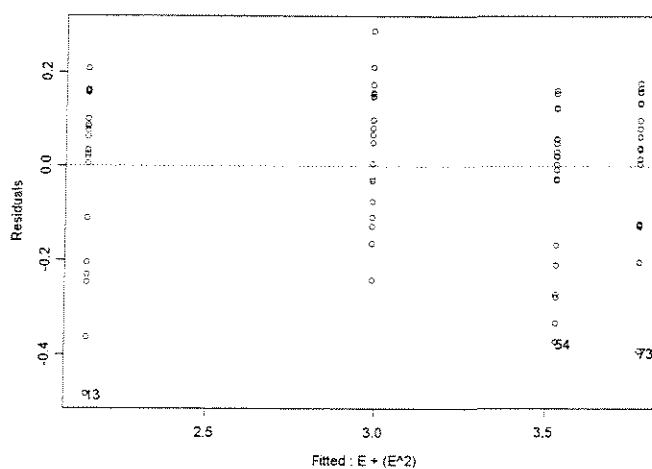
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	180.7444	180.7444	109.6242	1.110223e-016
Residuals	78	128.6037	1.6488		

$\gamma = 40^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA40xESP.LN,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
1.020732 3.360909 -1.018458

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.1664014

Call: lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = CFNMD90.90TGAA40xESP.LN,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.0207	0.1036	9.8541	0.0000
E	3.3609	0.2480	13.5506	0.0000
I(E^2)	-1.0185	0.1282	-7.9466	0.0000

Residual standard error: 0.1664 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9357
F-statistic: 560.7 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

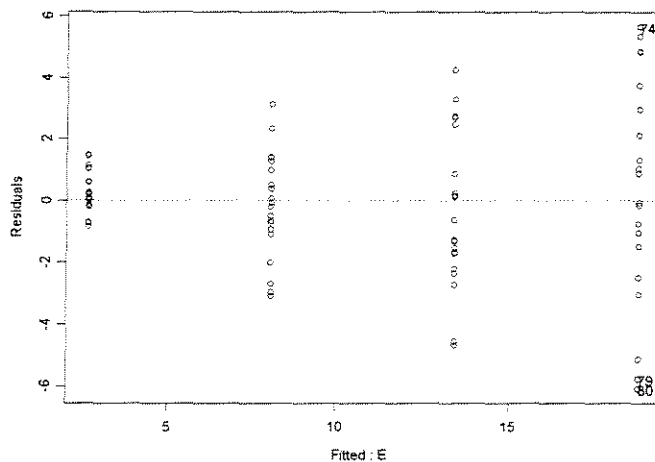
Analysis of Variance Table

Response: LNFNMD

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
E 1 29.30107 29.30107 1058.204 0.00000e+000
I(E^2) 1 1.74854 1.74854 63.148 1.28878e-011
Residuals 77 2.13209 0.02769
    
```

SALIGNA



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept)      E
-2.698531  14.11175

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 2.384333

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = SFNMD90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.6985   0.6530  -4.1327  0.0001
E            14.1118   0.6258  22.5496  0.0000

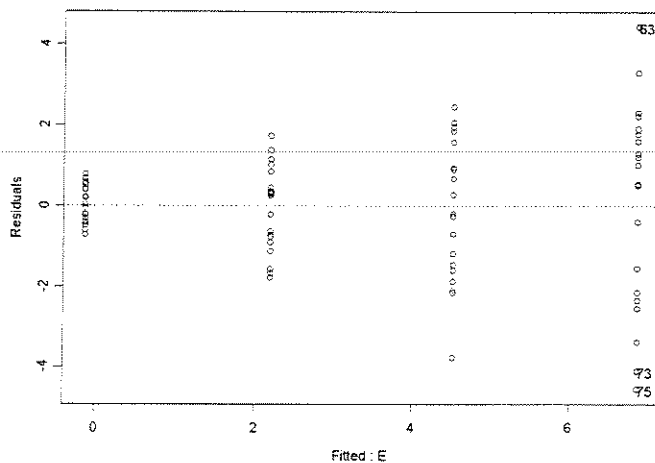
Residual standard error: 2.384 on 78 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.867
F-statistic: 508.5 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
E 1 2890.758 2890.758 508.4849 0
Residuals 78 443.433 5.685
    
```

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E
-2.462198 6.110929

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual
Residual standard error: 1.631967

Call: lm(formula = FNMD ~ E, data = GFNMD90.90TGAA40xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.4622	0.4469	-5.5091	0.0000
E	6.1109	0.4283	14.2666	0.0000

Residual standard error: 1.632 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7229

F-statistic: 203.5 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

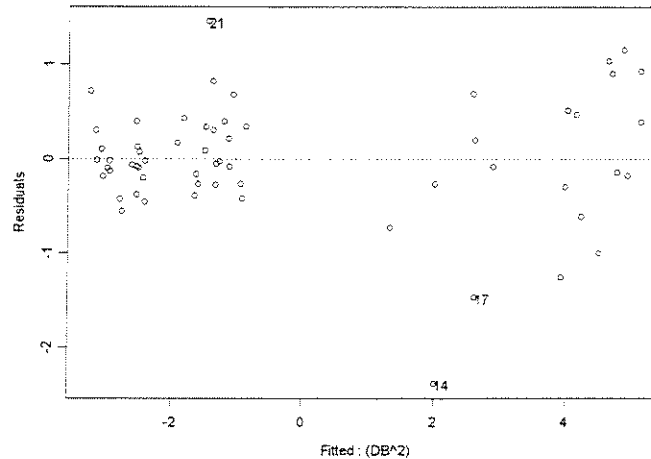
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	542.0812	542.0812	203.5362	0
Residuals	78	207.7387	2.6633		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA

$$\gamma = 20^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ (DB^2), data = FNMD90.90TGESP0381AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) I(DB^2)
-4.593884 10.34763

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.631859

Call: lm(formula = FNMD ~ (DB^2), data = FNMD90.90TGESP0381AA20xDENS,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.5939	0.1507	-30.4765	0.0000
I(DB^2)	10.3476	0.2926	35.3624	0.0000

Residual standard error: 0.6319 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9557
F-statistic: 1251 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

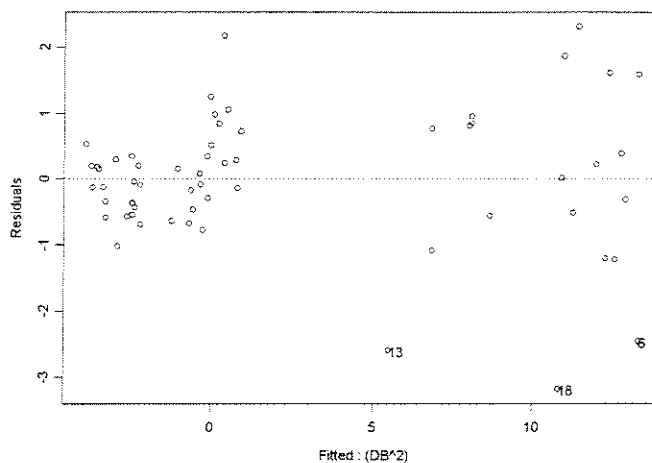
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(DB^2)	1	499.2571	499.2571	1250.501	0
Residuals	58	23.1563	0.3992		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ (DB^2), data = FNMD90.90TGESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) I(DB^2)
-6.698618 21.22603

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.022105

Call: lm(formula = FNMD ~ (DB^2), data = FNMD90.90TGESP0762AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.6986	0.2438	-27.4723	0.0000
I(DB^2)	21.2260	0.4733	44.8430	0.0000

Residual standard error: 1.022 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.972
F-statistic: 2011 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

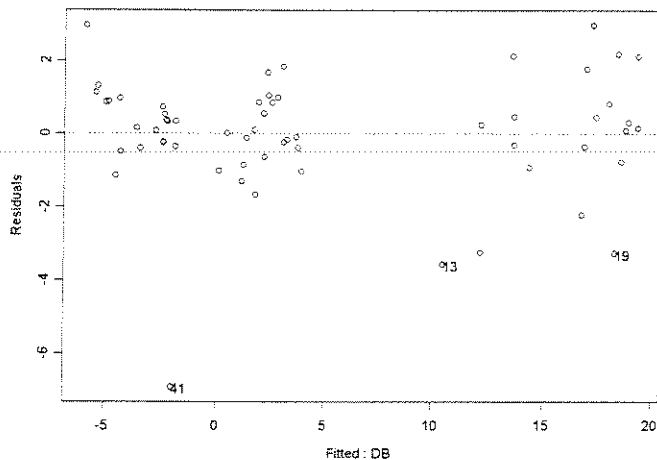
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(DB^2)	1	2100.777	2100.777	2010.892	0
Residuals	58	60.593	1.045		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1143AA20xDENS,
na.action = na.omit)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.933	-0.4245	0.1214	0.8525	2.972

Coefficients:

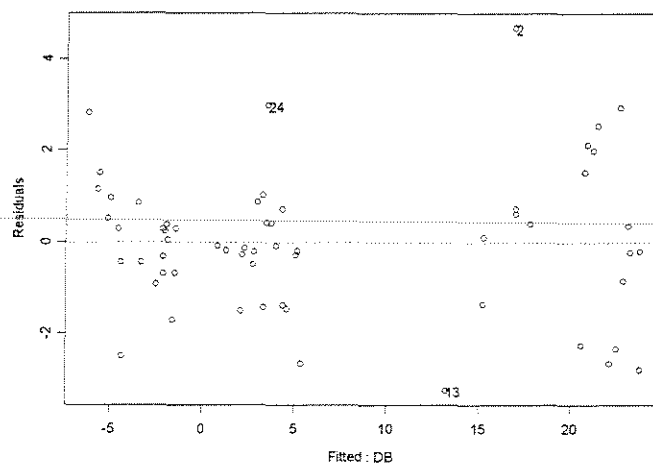
	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-21.0496	0.6718	-31.3323	0.0000
DB	41.6572	1.0207	40.8105	0.0000

Residual standard error: 1.613 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9663

F-statistic: 1666 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA20xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-24.13509 49.25258

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.558782

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA20xDENS,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-24.1351	0.6491	-37.1832	0.0000
DB	49.2526	0.9862	49.9414	0.0000

Residual standard error: 1.559 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9773
F-statistic: 2494 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

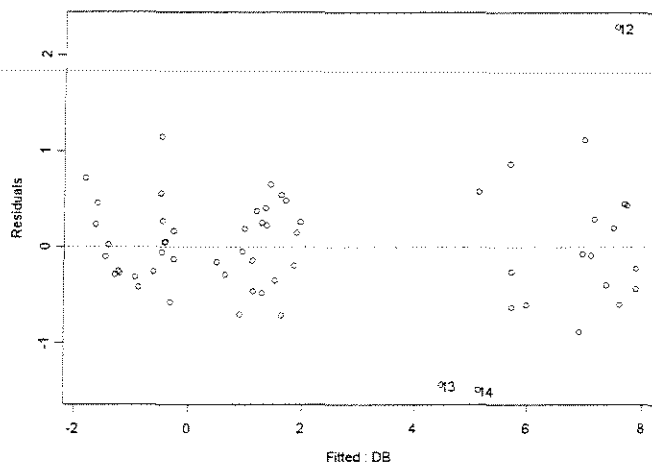
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	6060.277	6060.277	2494.146	0
Residuals	58	140.928	2.430		

$\alpha = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



```
*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0381AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB
-7.627125  16.00204
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.6084954
```

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0381AA30xDENS,
na.action = na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept) -7.6271    0.2534  -30.1014  0.0000
           DB  16.0020    0.3850   41.5657  0.0000
```

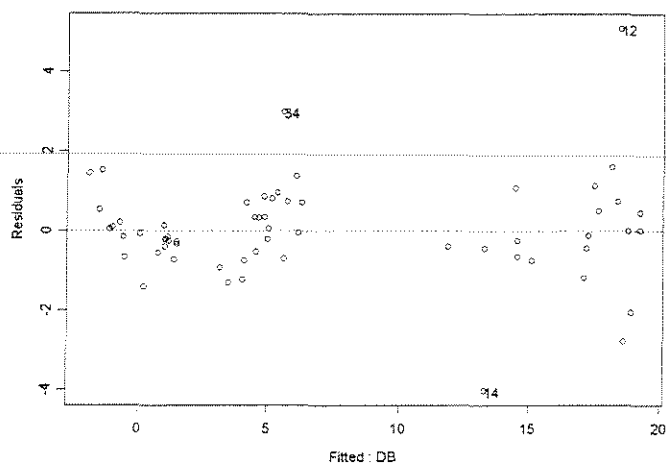
```
Residual standard error: 0.6085 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9675
F-statistic: 1728 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value Pr(F)
      DB  1  639.7128  639.7128  1727.709    0
Residuals 58    21.4755    0.3703
```

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0762AA30xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-14.53609  34.85452
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 1.262824

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0762AA30xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-14.5361	0.5258	-27.6432	0.0000
DB	34.8545	0.7990	43.6248	0.0000

Residual standard error: 1.263 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9704

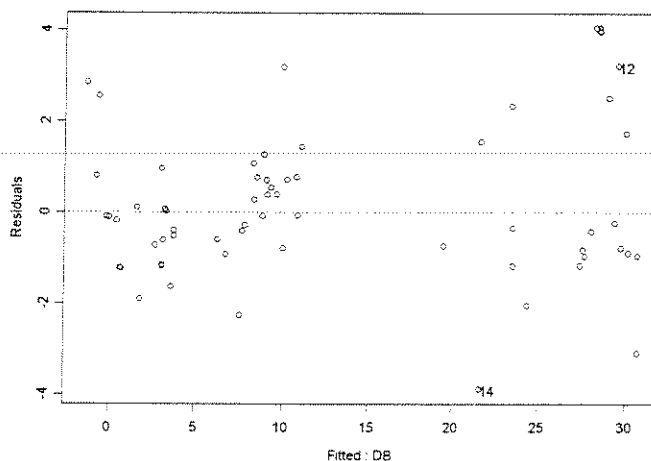
F-statistic: 1903 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3034.958	3034.958	1903.123	0
Residuals	58	92.494	1.595		

ESPESSURA = 1,143mm

*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-20.5349 52.78763

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.527802

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1143AA30xDENS, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-20.5349	0.6362	-32.2782	0.0000
DB	52.7876	0.9666	54.6113	0.0000

Residual standard error: 1.528 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9809
F-statistic: 2982 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

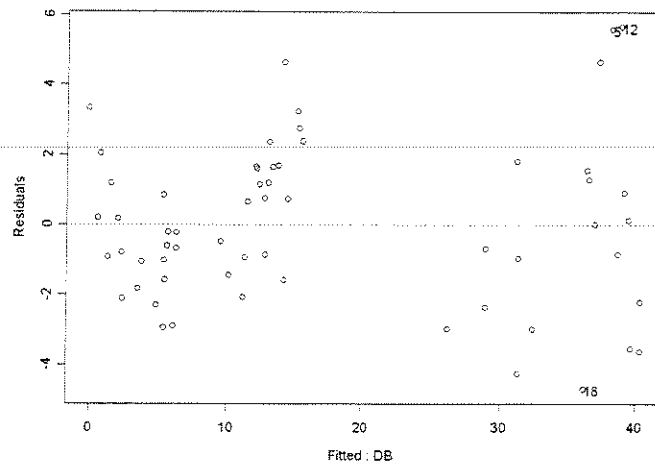
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	6961.435	6961.435	2982.39	0
Residuals	58	135.382	2.334		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-24.45633 66.8174

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.349168

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA30xDENS,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-24.4563	0.9782	-25.0012	0.0000
DB	66.8174	1.4863	44.9565	0.0000

Residual standard error: 2.349 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9721
F-statistic: 2021 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

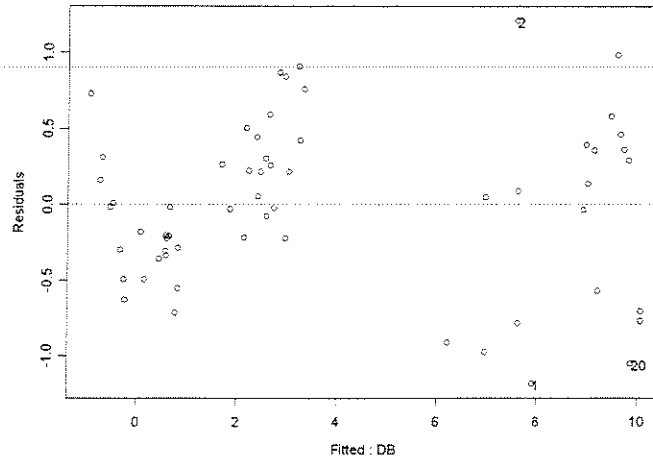
Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11153.56	11153.56	2021.09	0
Residuals	58	320.08	5.52		

$\gamma = 40^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0381AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-7.514642  18.12788
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.5447005

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP0381AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-7.5146	0.2268	-33.1309	0.0000
DB	18.1279	0.3446	52.6025	0.0000

Residual standard error: 0.5447 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9795

F-statistic: 2767 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

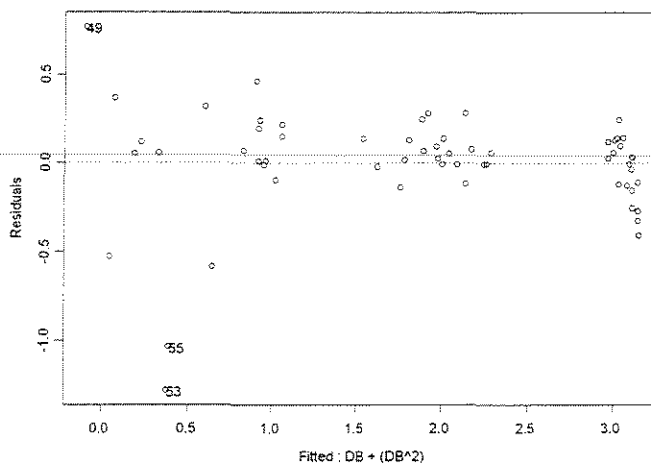
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	820.9721	820.9721	2767.024	0
Residuals	58	17.2085	0.2967		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data = FNMD90.90TGESP0762AA40xDENS,
    na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
-6.757216  23.26357 -13.64576
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.3124065

```
Call: lm(formula = log(FNMD) ~ DB + (DB^2), data =
FNMD90.90TGESP0762AA40xDENS,
    na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.7572	0.6110	-11.0587	0.0000
DB	23.2636	1.9546	11.9021	0.0000
I(DB^2)	-13.6458	1.4307	-9.5378	0.0000

Residual standard error: 0.3124 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9206

F-statistic: 330.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

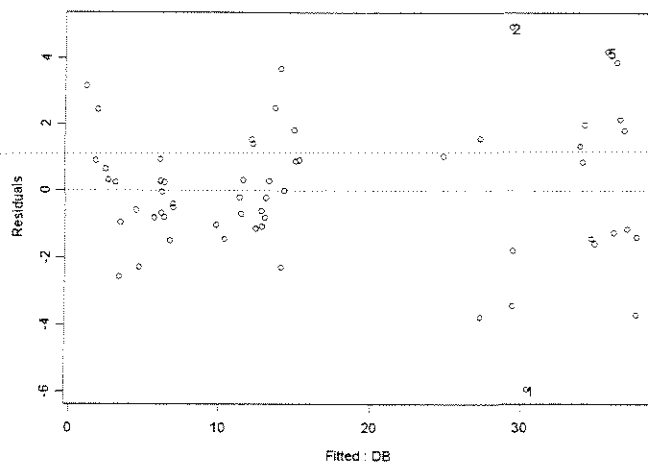
Analysis of Variance Table

Response: log(FNMD)

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	55.58009	55.58009	569.4808	0.000000e+000
I(DB^2)	1	8.87849	8.87849	90.9702	2.068345e-013
Residuals	57	5.56308	0.09760		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB
-20.85295 60.28132

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 2.037918

Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1143AA40xDENS,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-20.8529	0.8486	-24.5733	0.0000
DB	60.2813	1.2893	46.7534	0.0000

Residual standard error: 2.038 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9742
F-statistic: 2186 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

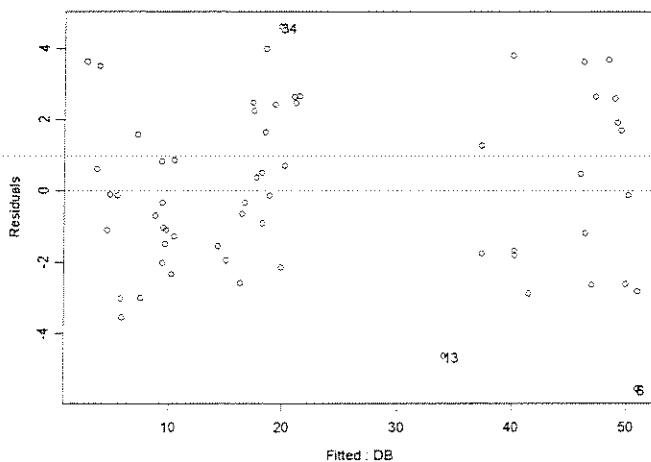
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	9078.206	9078.206	2185.881	0
Residuals	58	240.880	4.153		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-26.12135  79.49371
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 2.390187

```
Call: lm(formula = FNMD ~ DB, data = FNMD90.90TGESP1524AA40xDENS,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-26.1214	0.9953	-26.2450	0.0000
DB	79.4937	1.5122	52.5676	0.0000

Residual standard error: 2.39 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9794

F-statistic: 2763 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

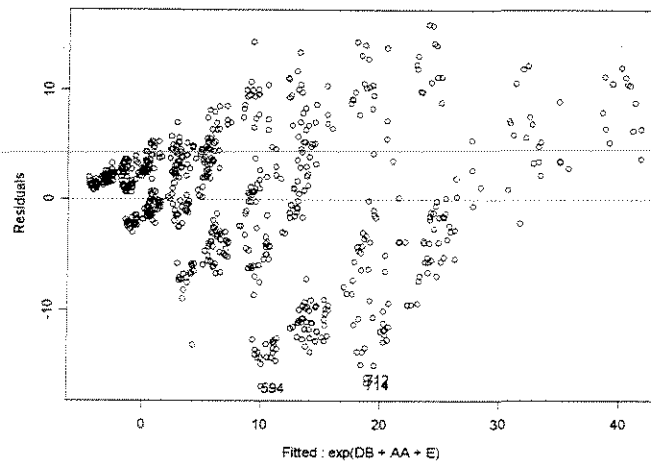
Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	15787.01	15787.01	2763.352	0
Residuals	58	331.35	5.71		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FNMD ~ exp(DB + AA + E), data = FNMD90.90TGxDENSAESP,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) exp(DB + AA + E)
-10.97002 2.16555

Degrees of freedom: 719 total; 717 residual
Residual standard error: 6.336418

Call: lm(formula = FNMD ~ exp(DB + AA + E), data = FNMD90.90TGxDENSAESP,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.9700	0.5285	-20.7555	0.0000
exp(DB + AA + E)	2.1655	0.0512	42.3100	0.0000

Residual standard error: 6.336 on 717 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.714
F-statistic: 1790 on 1 and 717 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
exp(DB + AA + E)	1	71874.44	71874.44	1790.139	0
Residuals	717	28787.69	40.15		

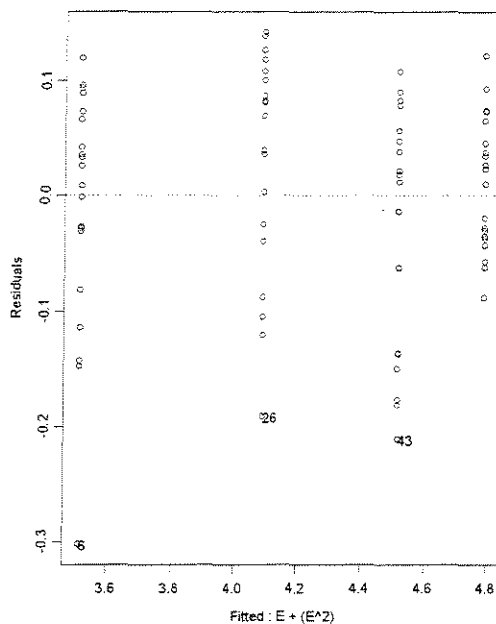
FORÇA PARALELA MÁXIMA

CORTE 90°-0° RADIAL

- FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$$\gamma = 10^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
2.792065 2.098149 -0.5160946

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.09437815

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.7921	0.0587	47.5246	0.0000
E	2.0981	0.1407	14.9151	0.0000
I(E^2)	-0.5161	0.0727	-7.0999	0.0000

Residual standard error: 0.09438 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9642
 F-statistic: 1038 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

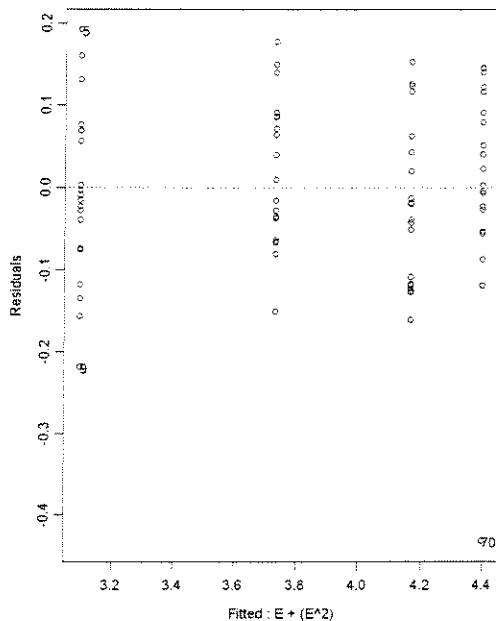
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	18.04641	18.04641	2026.039	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.44900	0.44900	50.409	5.374333e-010
Residuals	77	0.68586	0.00891		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.252464	2.476036	-0.7006156

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1077511

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.4319	-0.06428	-0.008357	0.07671	0.1927

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.2525	0.0671	33.5815	0.0000
E	2.4760	0.1606	15.4168	0.0000
I(E^2)	-0.7006	0.0830	-8.4422	0.0000

Residual standard error: 0.1078 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9567

F-statistic: 850 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Correlation of Coefficients:

	(Intercept)	E
E	-0.9547	
I(E^2)	0.8980	-0.9844

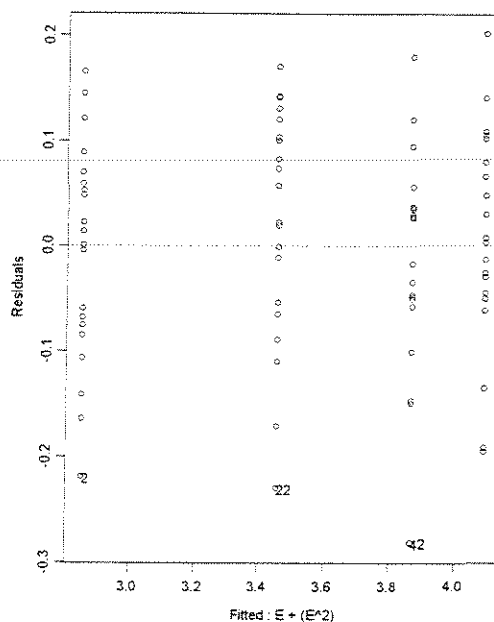
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	18.91027	18.91027	1628.749	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.82746	0.82746	71.270	1.428746e-012
Residuals	77	0.89399	0.01161		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.057546	2.338573	-0.6600927

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1073463

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA10FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0575	0.0668	30.7912	0.0000
E	2.3386	0.1600	14.6158	0.0000
I(E^2)	-0.6601	0.0827	-7.9839	0.0000

Residual standard error: 0.1073 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9523

F-statistic: 768 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

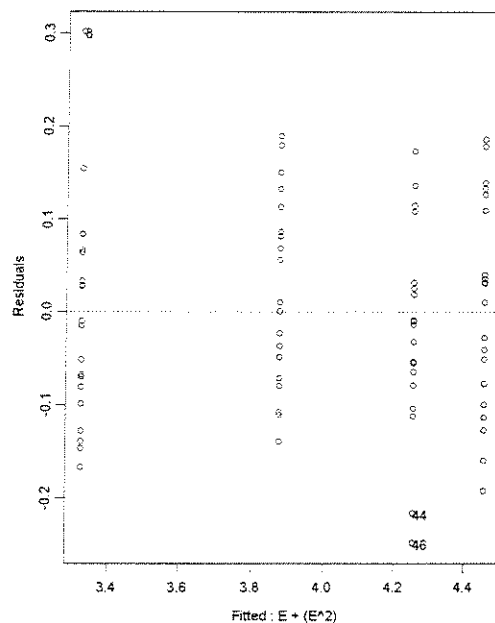
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.96598	16.96598	1472.328	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.73451	0.73451	63.742	1.092593e-011
Residuals	77	0.88729	0.01152		

$\gamma = 20^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA20FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.59504	2.144923	-0.6069361

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1101343

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA20FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.5950	0.0686	37.8517	0.0000
E	2.1449	0.1642	13.0662	0.0000
I(E^2)	-0.6069	0.0848	-7.1551	0.0000

Residual standard error: 0.1101 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9407

F-statistic: 610.5 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

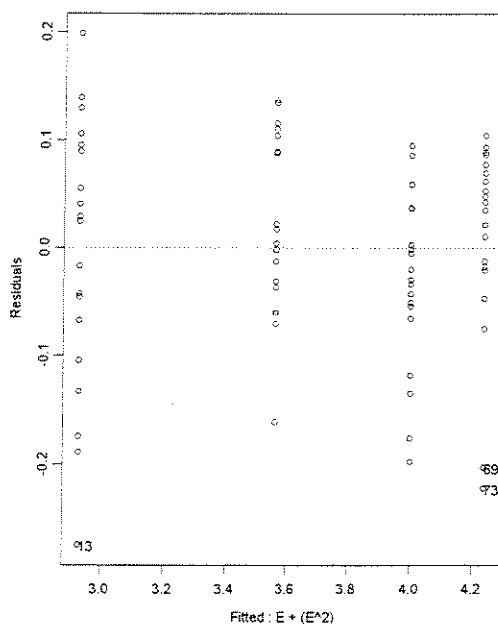
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.19017	14.19017	1169.883	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.62098	0.62098	51.195	4.221781e-010
Residuals	77	0.93398	0.01213		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA20FPMAX.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
  2.095468  2.448626 -0.6840517
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09772017

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA20FPMAX.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0955	0.0608	34.4478	0.0000
E	2.4486	0.1457	16.8112	0.0000
I(E^2)	-0.6841	0.0753	-9.0887	0.0000

Residual standard error: 0.09772 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9643

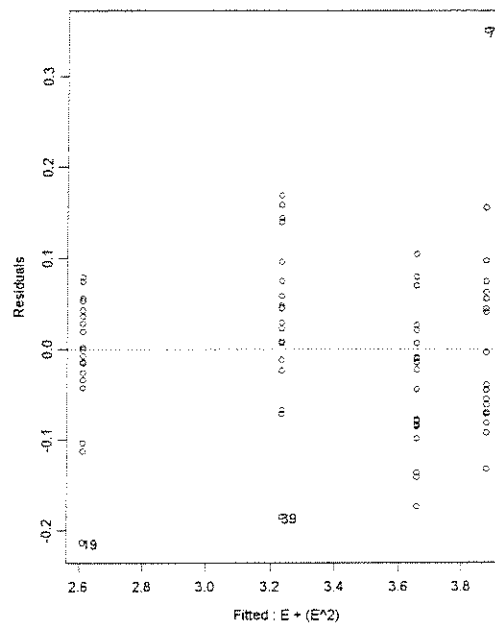
F-statistic: 1039 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	19.04784	19.04784	1994.699	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.78880	0.78880	82.604	8.093526e-014
Residuals	77	0.73529	0.00955		

GRANDIS

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA20FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
1.783633	2.434951	-0.6963695

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09004254

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA20FPMAX.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.7836	0.0561	31.8216	0.0000
E	2.4350	0.1342	18.1427	0.0000
I(E^2)	-0.6964	0.0694	-10.0412	0.0000

Residual standard error: 0.09004 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9676

F-statistic: 1150 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

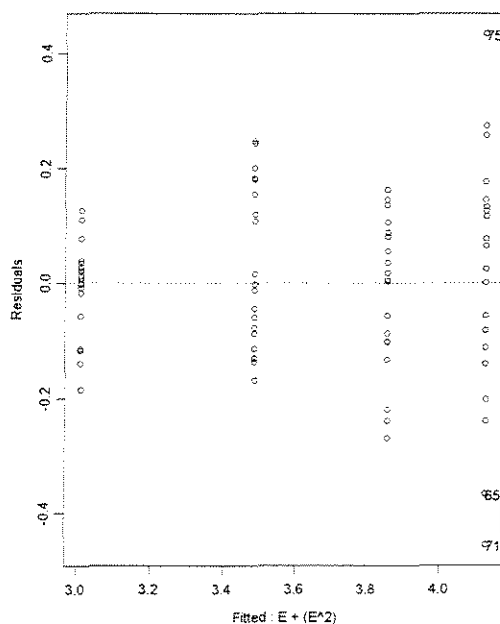
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	17.83271	17.83271	2199.489	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.81747	0.81747	100.826	1.221245e-015
Residuals	77	0.62429	0.00811		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA30FPMAX.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
      2.429445  1.665412 -0.3636658
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.1517474

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.ORDAA30FPMAX.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.4294	0.0945	25.7188	0.0000
E	1.6654	0.2262	7.3631	0.0000
I(E^2)	-0.3637	0.1169	-3.1115	0.0026

Residual standard error: 0.1517 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8873

F-statistic: 303 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

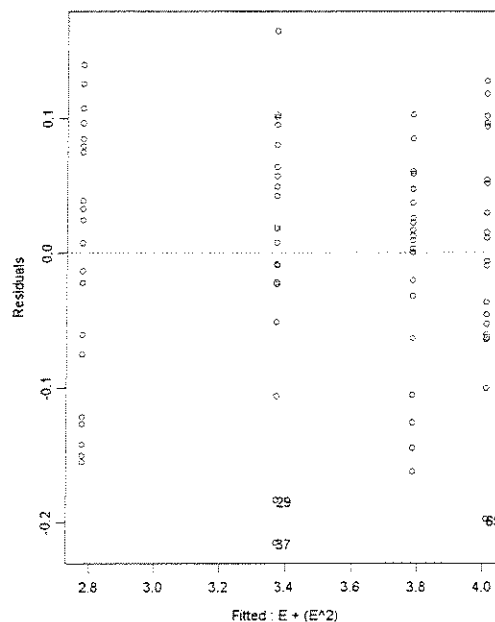
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	13.73232	13.73232	596.3504	0.000000000
I(E^2)	1	0.22294	0.22294	9.6817	0.002610835
Residuals	77	1.77310	0.02303		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA30FPMAX.LN, na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E I(E^2)
 1.992146 2.298199 -0.6386269

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.08831853

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.ORDAA30FPMAX.LN,
 na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9921	0.0550	36.2354	0.0000
E	2.2982	0.1316	17.4581	0.0000
I(E^2)	-0.6386	0.0680	-9.3884	0.0000

Residual standard error: 0.08832 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9671

F-statistic: 1133 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

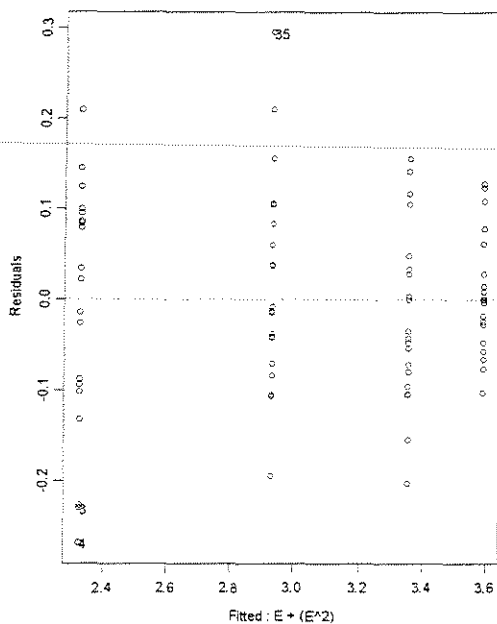
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.98224	16.98224	2177.164	0.00000e+000
I(E^2)	1	0.68752	0.68752	88.142	2.14273e-014
Residuals	77	0.60061	0.00780		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA30FPMAX.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
  1.53321  2.321237 -0.6374317
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.1076159

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.ORDAA30FPMAX.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.5332	0.0670	22.8870	0.0000
E	2.3212	0.1604	14.4712	0.0000
I(E^2)	-0.6374	0.0829	-7.6905	0.0000

Residual standard error: 0.1076 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9539

F-statistic: 797.5 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

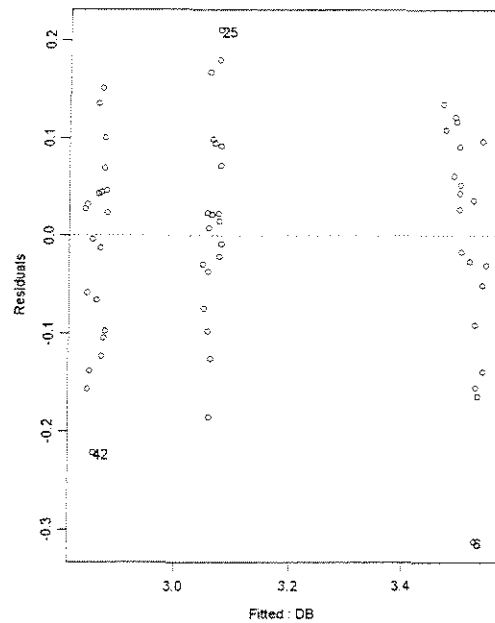
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	17.78647	17.78647	1535.808	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.68495	0.68495	59.143	4.004008e-011
Residuals	77	0.89175	0.01158		

• **FORÇA x DENSIDADE BÁSICA**

$\gamma = 10^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



```
*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB, data = FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA10.LN, na.action =
na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB
 2.342988  1.272583
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.1078692
```

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB, data = FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA10.LN,
na.action =
na.omit)
```


Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3430	0.0434	53.9424	0.0000
DB	1.2726	0.0652	19.5275	0.0000

Residual standard error: 0.1079 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.868

F-statistic: 381.3 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

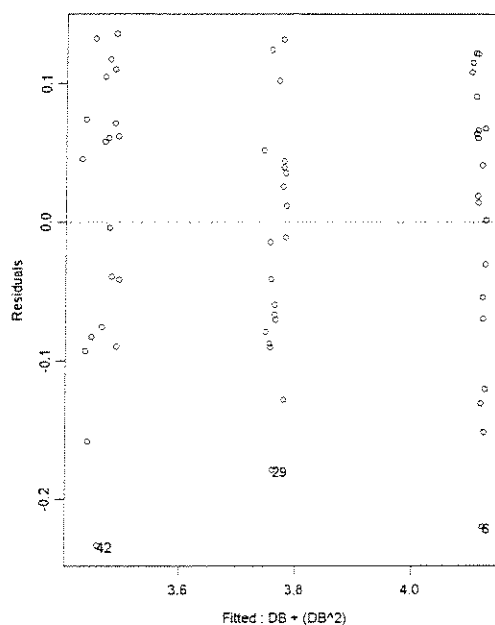
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4.437010	4.437010	381.325	0
Residuals	58	0.674875	0.011636		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENBASE0762AA10.LN,
na.action
  = na.omit)
```

Coefficients:

	DB	I(DB^2)
(Intercept)	2.331926	3.472702 -1.666113

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.09731125

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENBASE0762AA10.LN, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3319	0.1974	11.8154	0.0000
DB	3.4727	0.6411	5.4168	0.0000
I(DB^2)	-1.6661	0.4718	-3.5312	0.0008

Residual standard error: 0.09731 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8858
F-statistic: 221 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

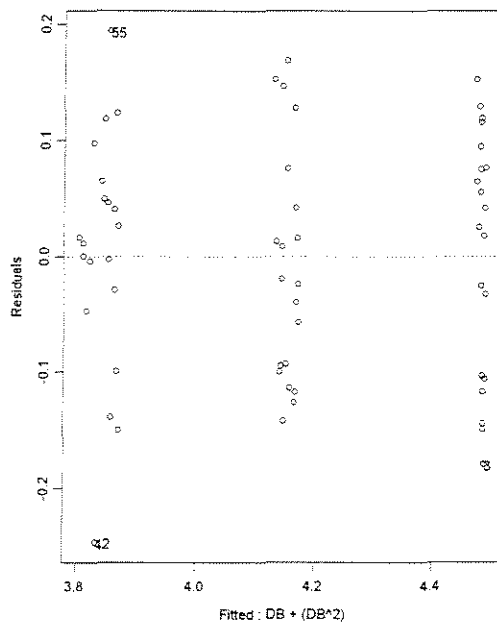
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4.067218	4.067218	429.5081	0.0000000000
I(DB^2)	1	0.118077	0.118077	12.4693	0.0008269962
Residuals	57	0.539760	0.009469		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENBASE1143AA10.LN,
na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
      2.597554  3.859659 -1.968923
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1032925

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE1143AA10.LN, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.5976	0.2095	12.3992	0.0000
DB	3.8597	0.6805	5.6718	0.0000
I(DB^2)	-1.9689	0.5008	-3.9313	0.0002

Residual standard error: 0.1033 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8703

F-statistic: 191.3 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

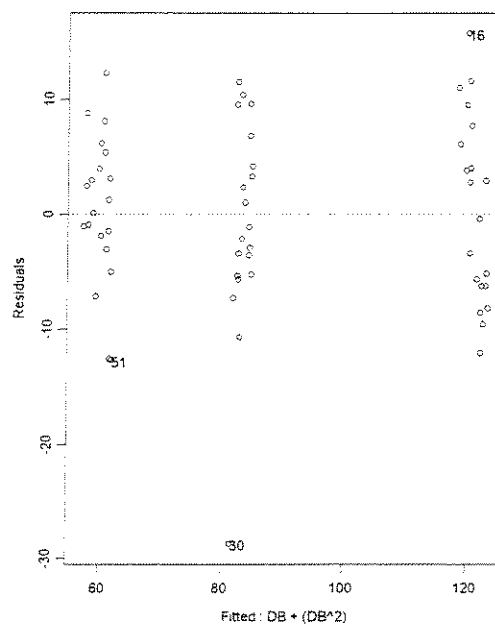
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.916728	3.916728	367.1015	0.0000000000
I(DB^2)	1	0.164898	0.164898	15.4553	0.0002312604
Residuals	57	0.608152	0.010669		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA10,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) DB I(DB^2)
 -16.65102 218.1776 -73.92563

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
 Residual standard error: 8.064973

Call: lm(formula = FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA10,
 na.action =
 na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-16.6510	16.3571	-1.0180	0.3130
DB	218.1776	53.1331	4.1062	0.0001
I(DB^2)	-73.9256	39.1042	-1.8905	0.0638

Residual standard error: 8.065 on 57 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9121
 F-statistic: 295.8 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

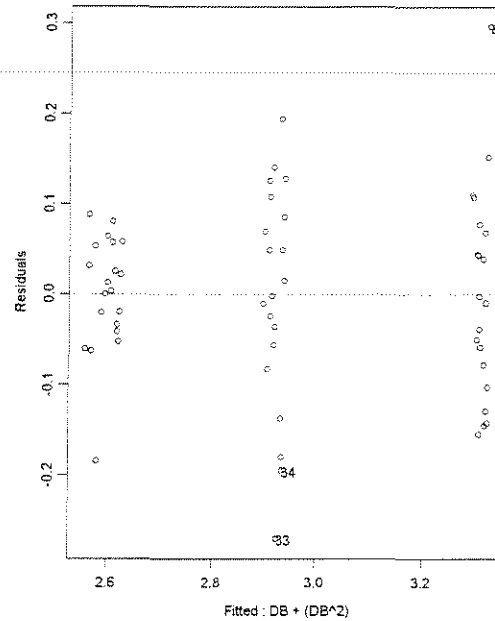
Response: FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	38248.55	38248.55	588.0430	0.00000000
I(DB^2)	1	232.46	232.46	3.5739	0.06378173
Residuals	57	3707.50	65.04		

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA20.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
1.377429 3.701139 -1.730392

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1048515

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA20.LN, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.3774	0.2127	6.4773	0.0000
DB	3.7011	0.6908	5.3579	0.0000
I(DB^2)	-1.7304	0.5084	-3.4037	0.0012

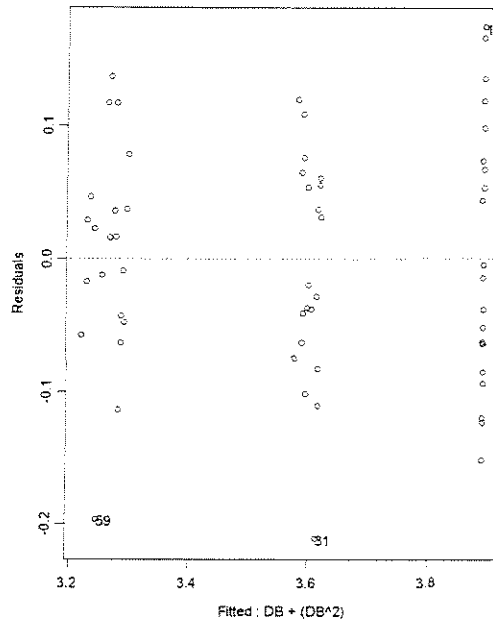
Residual standard error: 0.1049 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8923
F-statistic: 236.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5.066524	5.066524	460.8517	0.000000000
I(DB^2)	1	0.127364	0.127364	11.5851	0.001222743
Residuals	57	0.626648	0.010994		

ESPESSURA = 0,762mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE0762AA20.LN,
na.action
  = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  1.832224  4.53073 -2.490666
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.08949702

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE0762AA20.LN, na.action
  = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8322	0.1815	10.0941	0.0000
DB	4.5307	0.5896	7.6842	0.0000
I(DB^2)	-2.4907	0.4339	-5.7397	0.0000

Residual standard error: 0.0895 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8965

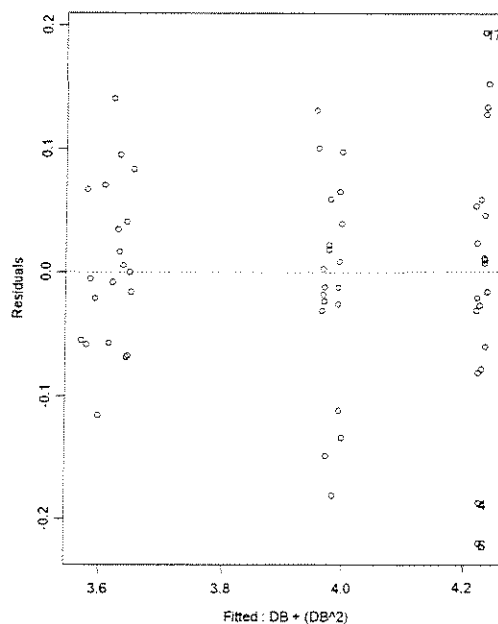
F-statistic: 246.9 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.691641	3.691641	460.8954	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.263870	0.263870	32.9437	3.824069e-007
Residuals	57	0.456554	0.008010		

ESPESSURA = 1,143mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1143AA20.LN,
na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
2.00582	5.185183	-3.008315

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.08616713

Call: `lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1143AA20.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0058	0.1748	11.4775	0.0000
DB	5.1852	0.5677	9.1340	0.0000
I(DB^2)	-3.0083	0.4178	-7.2005	0.0000

Residual standard error: 0.08617 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8996

F-statistic: 255.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

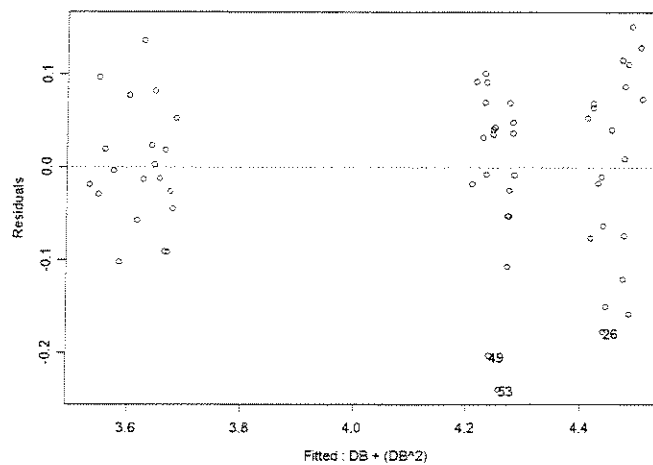
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.405210	3.405210	458.6281	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.384950	0.384950	51.8468	1.474275e-009
Residuals	57	0.423212	0.007425		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA20.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
0.5260823	10.24328	-6.488662

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.08826649

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA20.LN, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.5261	0.1790	2.9387	0.0048
DB	10.2433	0.5815	17.6149	0.0000
I(DB^2)	-6.4887	0.4280	-15.1614	0.0000

Residual standard error: 0.08827 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9452
F-statistic: 491.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

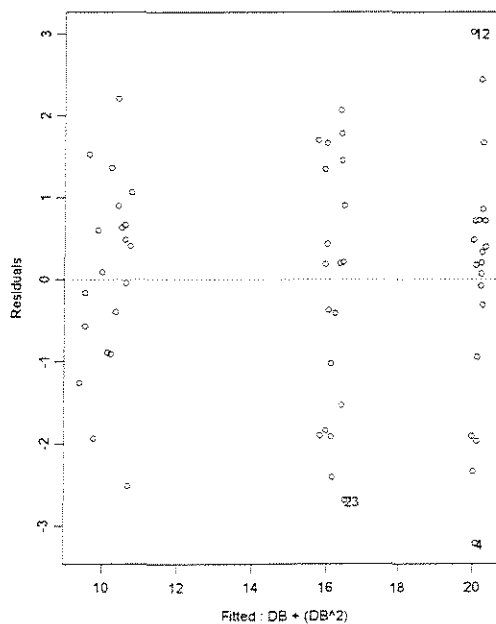
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	5.871533	5.871533	753.6328	0
I(DB^2)	1	1.790888	1.790888	229.8670	0
Residuals	57	0.444085	0.007791		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA30,
na.action =
  na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB  I(DB^2)
-16.68154  86.56364 -50.55718
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 1.433529
```

```
Call: lm(formula = FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE0381AA30,
na.action =
  na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept) -16.6815   2.9074   -5.7376  0.0000
          DB   86.5636   9.4443    9.1657  0.0000
      I(DB^2) -50.5572   6.9507   -7.2737  0.0000
```

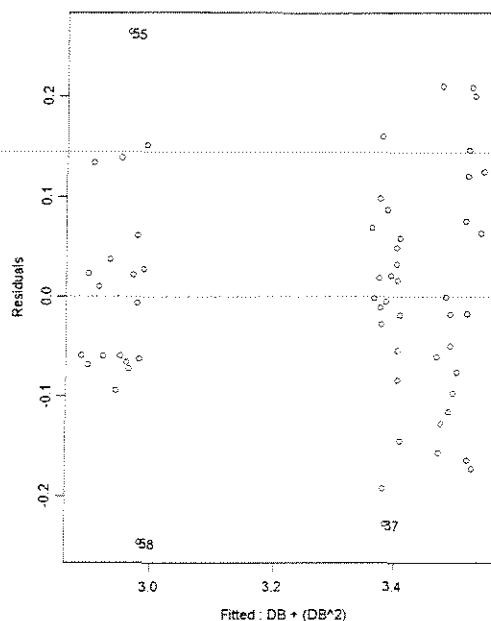
```
Residual standard error: 1.434 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8963
F-statistic: 246.3 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: FPM

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
    DB  1   903.3693  903.3693  439.5947 0.000000e+000
  I(DB^2) 1   108.7236  108.7236   52.9067 1.112979e-009
Residuals 57   117.1353    2.0550
```

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE0762AA30.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
0.7308077 7.365205 -4.726228

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1136196

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE0762AA30.LN, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.7308	0.2304	3.1714	0.0024
DB	7.3652	0.7485	9.8394	0.0000
I(DB^2)	-4.7262	0.5509	-8.5791	0.0000

Residual standard error: 0.1136 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8275
F-statistic: 136.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

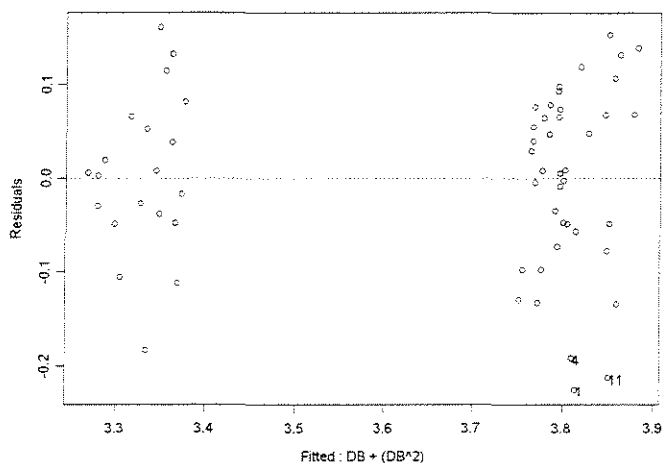
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.580394	2.580394	199.8846	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.950140	0.950140	73.6005	7.570167e-012
Residuals	57	0.735837	0.012909		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
    FPMAXRD.x.DENSBASE1143AA30LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
0.9967653	7.840908	-5.174493

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.09499096

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =

```
FPMAXRD.x.DENSBASE1143AA30LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.9968	0.1927	5.1738	0.0000
DB	7.8409	0.6258	12.5292	0.0000
I(DB^2)	-5.1745	0.4606	-11.2348	0.0000

Residual standard error: 0.09499 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8565

F-statistic: 170.1 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

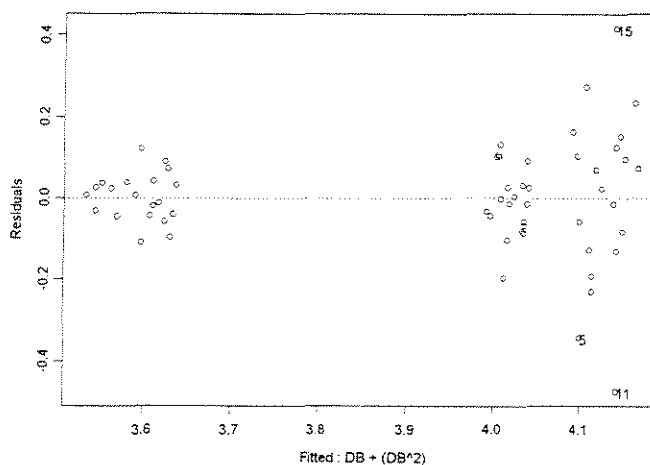
Response: LN.FPM

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
  DB    1  1.931636  1.931636  214.0725  0.000000e+000
  I(DB^2) 1  1.138921  1.138921  126.2203  4.440892e-016
Residuals 57  0.514327  0.009023

```

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data = FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA30.LN,
na.action
  = na.omit)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  1.459037  7.103381 -4.568923

```

```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1378338

```

```

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAXRD.x.DENSBASE1524AA30.LN, na.action
  = na.omit)

```

```

Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.4590  0.2795     5.2193  0.0000
          DB   7.1034  0.9081     7.8225  0.0000
      I(DB^2) -4.5689  0.6683    -6.8366  0.0000

```

```

Residual standard error: 0.1378 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.748
F-statistic: 84.6 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

```

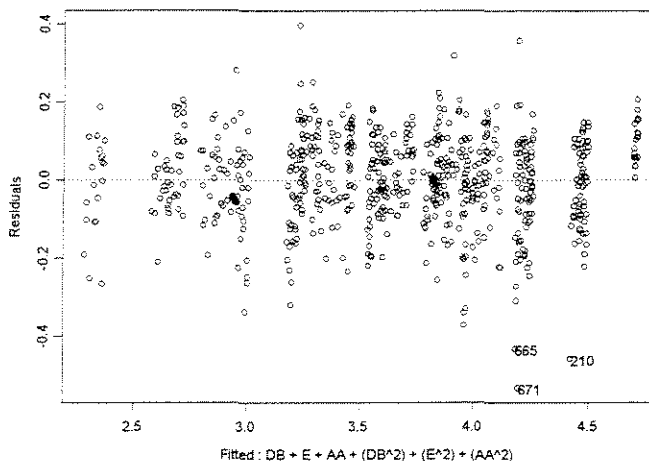
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.326474	2.326474	122.4579	1.000000e-015
I(DB^2)	1	0.887944	0.887944	46.7385	5.954024e-009
Residuals	57	1.082895	0.018998		

• **FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)**



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + E + AA + (DB^2) + (E^2) + (AA^2), data =
  FPMAXRD.x..DENSBAS...ESP...AA..LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	E	AA	I(DB^2)	I(E^2)	I(AA^2)
0.5722896	5.203225	2.295309	-0.5377018	-3.018826	-0.6318474	-1.300398

Degrees of freedom: 720 total; 713 residual

Residual standard error: 0.1149408

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + E + AA + (DB^2) + (E^2) + (AA^2), data =
  FPMAXRD.x..DENSBAS...ESP...AA..LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.5723	0.0781	7.3234	0.0000
DB	5.2032	0.2186	23.8027	0.0000
E	2.2953	0.0571	40.1928	0.0000
AA	-0.5377	0.2104	-2.5554	0.0108
I(DB^2)	-3.0188	0.1609	-18.7644	0.0000
I(E^2)	-0.6318	0.0295	-21.4119	0.0000
I(AA^2)	-1.3004	0.2983	-4.3593	0.0000

Residual standard error: 0.1149 on 713 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.962

F-statistic: 3007 on 6 and 713 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

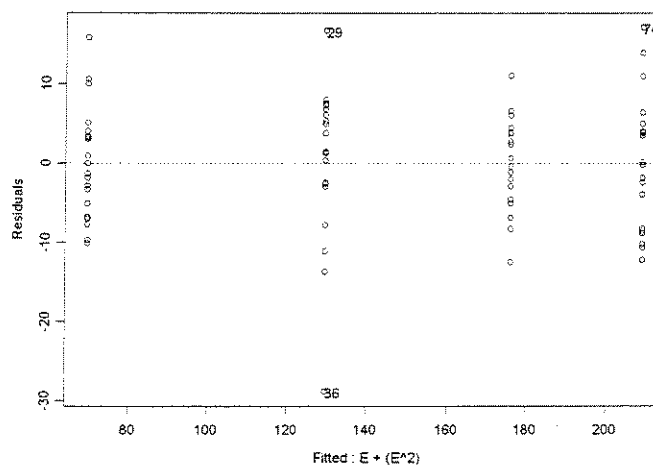
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	41.1430	41.1430	3114.21	0.000000000000
E	1	155.6865	155.6865	11784.27	0.000000000000
AA	1	30.5536	30.5536	2312.68	0.000000000000
I(DB^2)	1	4.6517	4.6517	352.10	0.000000000000
I(E^2)	1	6.0570	6.0570	458.47	0.000000000000
I(AA^2)	1	0.2511	0.2511	19.00	0.00001496837
Residuals	713	9.4197	0.0132		

FORÇA PARALELA MÁXIMA**CORTE 90°-90° RADIAL****• FORÇA x ESPESSURA DE CORTE**

$$\gamma = 20^\circ$$

CITRIODORA

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FPMAX ~ E + (E^2), data = CFPMAX90.90RDAA20xESP, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)
-3.444156  210.2786 -46.37347
```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 7.854351

Call: `lm(formula = FPMAX ~ E + (E^2), data = CFPMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.4442	4.8893	-0.7044	0.4833
E	210.2786	11.7071	17.9616	0.0000
I(E^2)	-46.3735	6.0494	-7.6657	0.0000

Residual standard error: 7.854 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9788

F-statistic: 1779 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

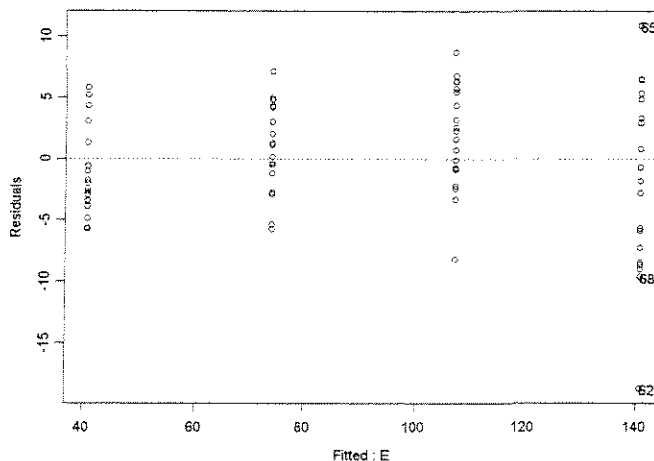
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	215835.2	215835.2	3498.659	0.000000e+000
I(E^2)	1	3625.2	3625.2	58.764	4.466039e-011
Residuals	77	4750.2	61.7		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = FPMAX ~ E, data = SFPMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)`

Coefficients:

(Intercept)	E
7.478081	87.45958

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 5.115977

Call: `lm(formula = FPMAX ~ E, data = SFPMAX90.90RDAA20xESP, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.4781	1.4011	5.3374	0.0000
E	87.4596	1.3428	65.1334	0.0000

Residual standard error: 5.116 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9819
 F-statistic: 4242 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

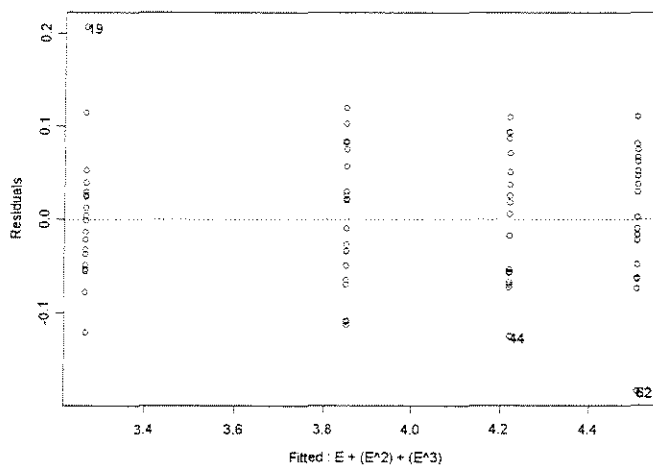
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	111036.2	111036.2	4242.36	0
Residuals	78	2041.5	26.2		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMAX90.90RDAA20xESP.LN,
 na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E I(E^2) I(E^3)
 2.314963 3.075196 -1.707905 0.416711

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual
 Residual standard error: 0.07087068

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMAX90.90RDAA20xESP.LN,
 na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3150	0.1316	17.5860	0.0000
E	3.0752	0.5284	5.8198	0.0000
I(E^2)	-1.7079	0.6127	-2.7874	0.0067
I(E^3)	0.4167	0.2136	1.9512	0.0547

Residual standard error: 0.07087 on 76 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9785
 F-statistic: 1155 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

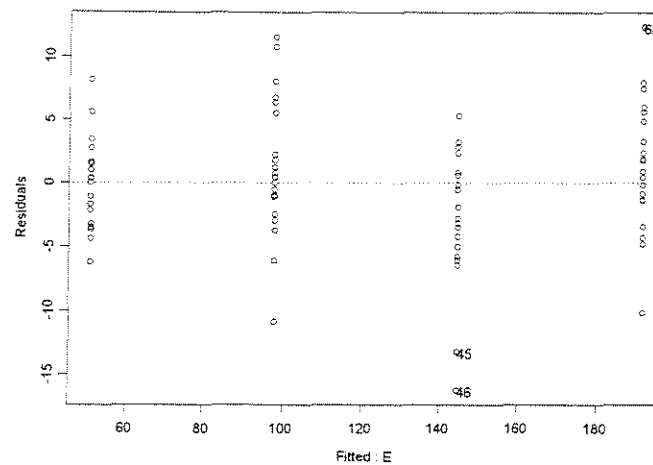
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.92635	16.92635	3370.000	0.00000000
I(E^2)	1	0.45085	0.45085	89.763	0.00000000
I(E^3)	1	0.01912	0.01912	3.807	0.05472281
Residuals	76	0.38172	0.00502		

$$\gamma = 30^\circ$$

CITRIODORA

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FPMAX ~ E, data = CFPMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

```
(Intercept)      E
 4.364315 122.9591
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 5.159833

Call: lm(formula = FPMAX ~ E, data = CFPMAX90.90RDAA30xESP, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.3643	1.4131	3.0885	0.0028
E	122.9591	1.3543	90.7925	0.0000

Residual standard error: 5.16 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9906

F-statistic: 8243 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

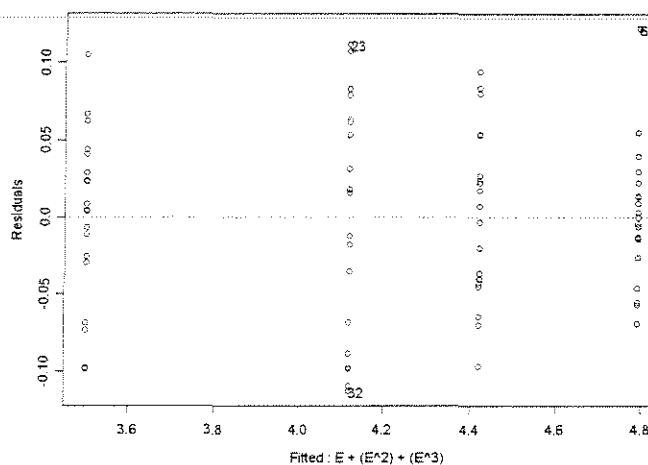
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	219468.2	219468.2	8243.285	0
Residuals	78	2076.7	26.6		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMAX90.90RDAA30xESP.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)	I(E^3)
2.189258	4.702615	-3.729928	1.158174

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual

Residual standard error: 0.05817462

```
Call: lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMAX90.90RDAA30xESP.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.1893	0.1081	20.2607	0.0000
E	4.7026	0.4337	10.8420	0.0000
I(E^2)	-3.7299	0.5029	-7.4161	0.0000
I(E^3)	1.1582	0.1753	6.6064	0.0000

Residual standard error: 0.05817 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9858

F-statistic: 1755 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

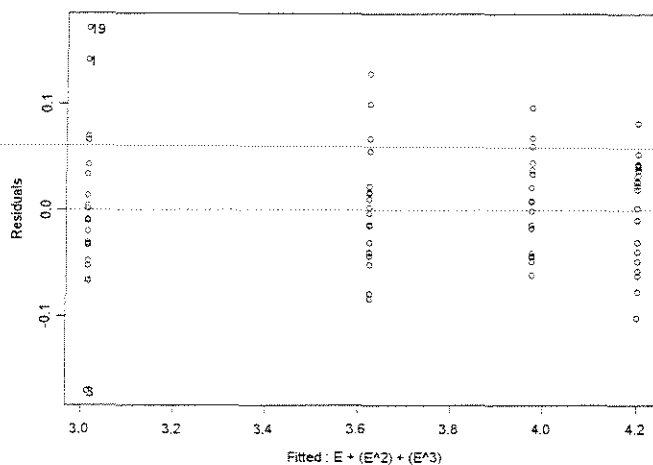
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	17.37447	17.37447	5133.864	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.29800	0.29800	88.053	2.500000e-014
I(E^3)	1	0.14771	0.14771	43.645	4.795272e-009
Residuals	76	0.25721	0.00338		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMAX90.90RDAA30xESP.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2) I(E^3)
2.009566 3.267094 -1.81482 0.4030578

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual
Residual standard error: 0.05771457

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMAX90.90RDAA30xESP.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0096	0.1072	18.7459	0.0000
E	3.2671	0.4303	7.5924	0.0000
I(E^2)	-1.8148	0.4990	-3.6371	0.0005
I(E^3)	0.4031	0.1739	2.3174	0.0232

Residual standard error: 0.05771 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9845

F-statistic: 1608 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

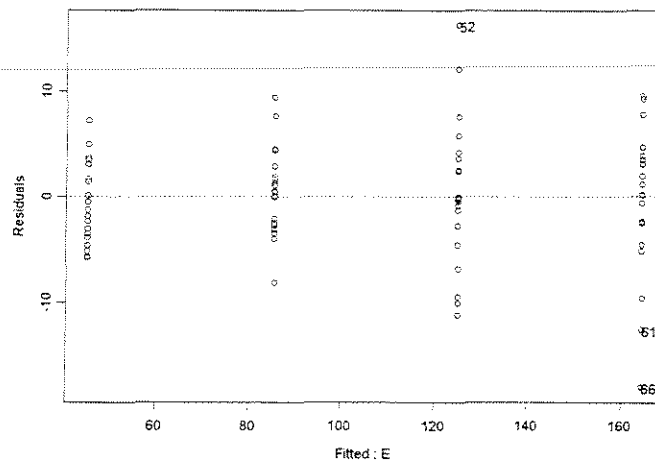
Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	15.30559	15.30559	4594.932	0.00000000
I(E^2)	1	0.74118	0.74118	222.512	0.00000000
I(E^3)	1	0.01789	0.01789	5.371	0.02317391
Residuals	76	0.25315	0.00333		

$$\gamma = 40^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FPMAX ~ E, data = CFPMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E
  6.287731 103.7477
```

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 5.662609

```
Call: lm(formula = FPMAX ~ E, data = CFPMAX90.90RDAA40xESP, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.2877	1.5508	4.0546	0.0001
E	103.7477	1.4862	69.8051	0.0000

Residual standard error: 5.663 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9842

F-statistic: 4873 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

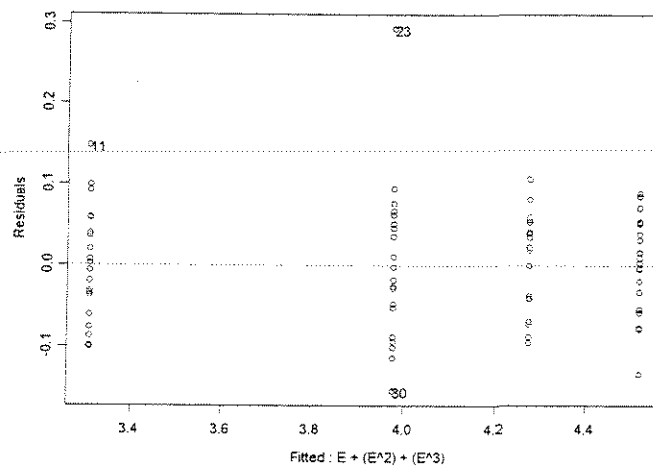
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	156245.4	156245.4	4872.75	0
Residuals	78	2501.1	32.1		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMAX90.90RDAA40xESP.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2) I(E^3)
1.969103 4.681628 -3.401714 0.9363646

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual
Residual standard error: 0.0740497

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMAX90.90RDAA40xESP.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9691	0.1375	14.3165	0.0000
E	4.6816	0.5521	8.4796	0.0000
I(E^2)	-3.4017	0.6402	-5.3135	0.0000
I(E^3)	0.9364	0.2232	4.1961	0.0001

Residual standard error: 0.07405 on 76 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9751
F-statistic: 993.5 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

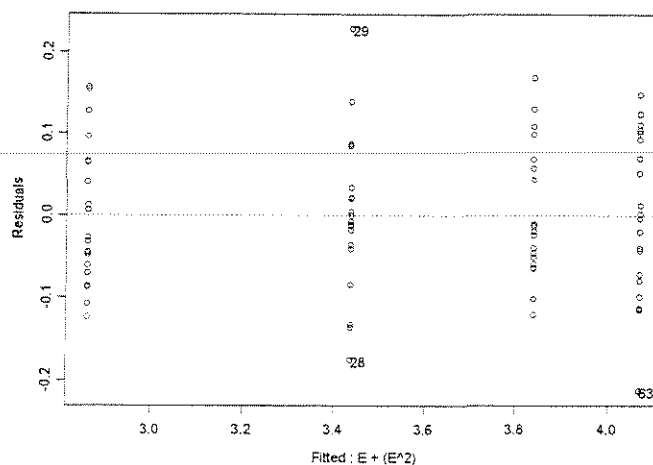
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	15.35753	15.35753	2800.752	0.000000000000
I(E^2)	1	0.88864	0.88864	162.061	0.000000000000
I(E^3)	1	0.09655	0.09655	17.607	0.00007288014
Residuals	76	0.41674	0.00548		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2), data = GFPMAX90.90RDAA40xESP.LN, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) E I(E^2)
2.105917 2.201527 -0.5997894

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.0904615

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ E + (E^2), data = GFPMAX90.90RDAA40xESP.LN,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.1059	0.0563	37.3974	0.0000
E	2.2015	0.1348	16.3275	0.0000
I(E^2)	-0.5998	0.0697	-8.6085	0.0000

Residual standard error: 0.09046 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.964
F-statistic: 1032 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

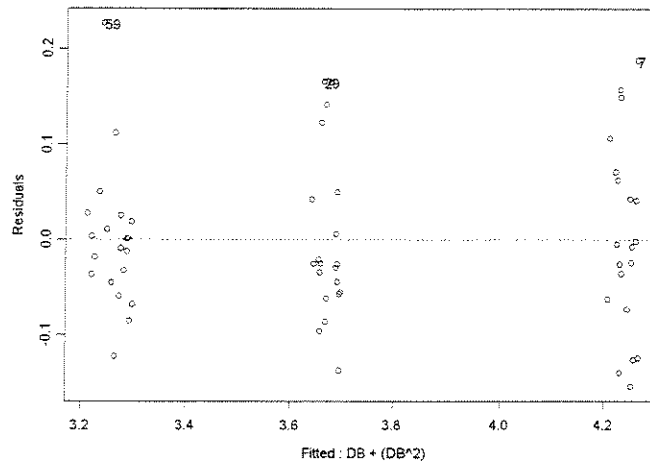
	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.27732	16.27732	1989.094	0.00000e+000
I(E^2)	1	0.60644	0.60644	74.107	6.82121e-013
Residuals	77	0.63011	0.00818		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA

$$\gamma = 20^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm

ÂNGULO 20



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
1.800413 4.331324 -1.821732

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.0884187

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8004	0.1793	10.0398	0.0000
DB	4.3313	0.5825	7.4356	0.0000
I(DB^2)	-1.8217	0.4287	-4.2493	0.0001

Residual standard error: 0.08842 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.956
F-statistic: 619.5 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

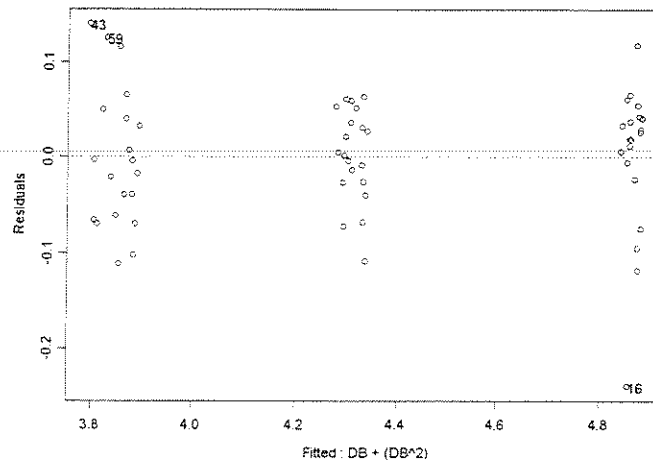
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	9.544602	9.544602	1220.870	0.000000000000
I(DB^2)	1	0.141165	0.141165	18.057	0.00008026029
Residuals	57	0.445618	0.007818		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
2.08662 5.379761 -2.564098

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.06865231

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0866	0.1392	14.9860	0.0000
DB	5.3798	0.4523	11.8945	0.0000
I(DB^2)	-2.5641	0.3329	-7.7030	0.0000

Residual standard error: 0.06865 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9745
F-statistic: 1091 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

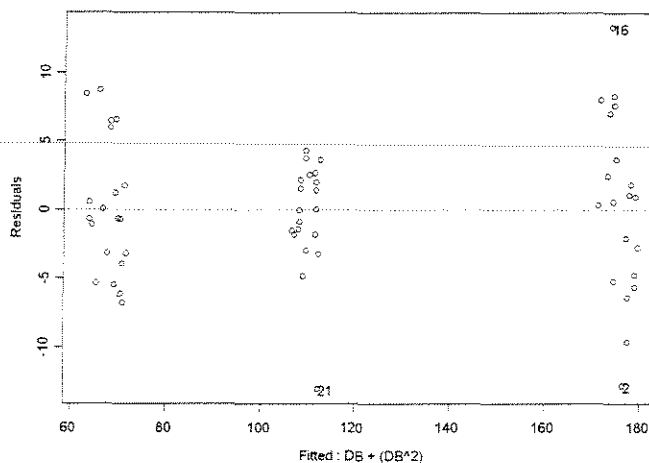
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	9.999834	9.999834	2121.693	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.279658	0.279658	59.336	2.143281e-010
Residuals	57	0.268649	0.004713		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1143AA20xDENS, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB  I(DB^2)
-70.46397 397.3966 -140.451
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 5.273392

```
Call: lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1143AA20xDENS,
na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-70.4640	10.6953	-6.5883	0.0000
DB	397.3966	34.7418	11.4386	0.0000
I(DB^2)	-140.4510	25.5688	-5.4931	0.0000

Residual standard error: 5.273 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9868

F-statistic: 2133 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

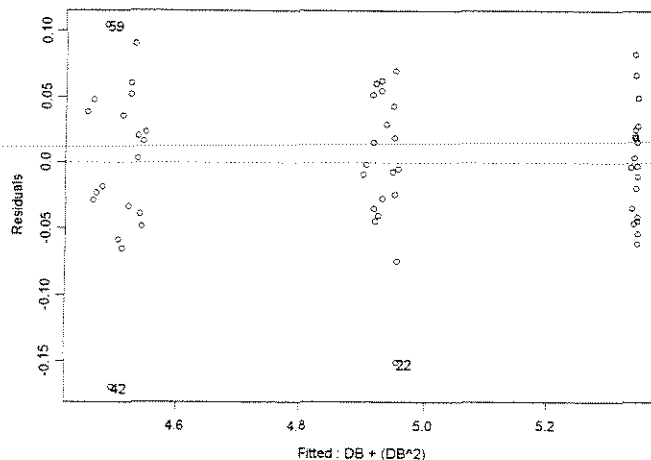
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	117808.6	117808.6	4236.399	0.000000e+000
I(DB^2)	1	839.1	839.1	30.174	9.571221e-007
Residuals	57	1585.1	27.8		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
2.763715 5.462922 -2.889831

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.05334212

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA20xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.7637	0.1082	25.5459	0.0000
DB	5.4629	0.3514	15.5451	0.0000
I(DB^2)	-2.8898	0.2586	-11.1733	0.0000

Residual standard error: 0.05334 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9772
F-statistic: 1223 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

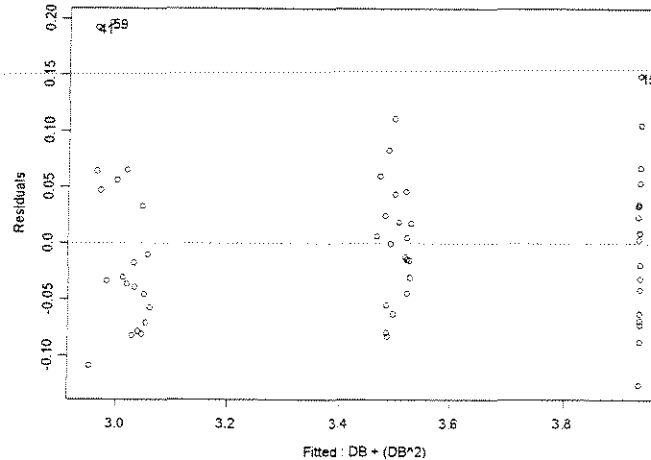
Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	6.606950	6.606950	2321.991	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.355224	0.355224	124.842	5.551115e-016
Residuals	57	0.162187	0.002845		

$$\gamma = 30^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA30xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
0.9627579 6.474577 -3.526286

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.06937411

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA30xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.9628	0.1407	6.8425	0.0000
DB	6.4746	0.4570	14.1661	0.0000
I(DB^2)	-3.5263	0.3364	-10.4833	0.0000

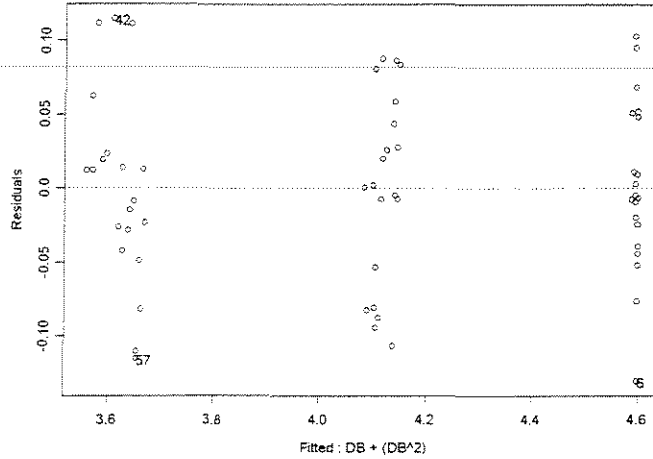
Residual standard error: 0.06937 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9687
F-statistic: 880.9 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	7.949755	7.949755	1651.806	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.528924	0.528924	109.900	6.439294e-015
Residuals	57	0.274328	0.004813		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA30xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
1.586583 6.375907 -3.373008

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.0628826

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA30xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.5866	0.1275	12.4403	0.0000
DB	6.3759	0.4143	15.3904	0.0000
I(DB^2)	-3.3730	0.3049	-11.0628	0.0000

Residual standard error: 0.06288 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9768
F-statistic: 1199 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

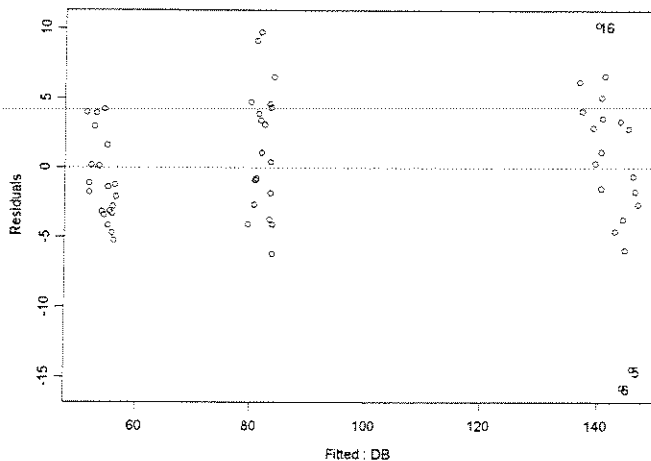
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	8.996925	8.996925	2275.271	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.483941	0.483941	122.386	7.771561e-016
Residuals	57	0.225391	0.003954		

ESPESSURA = 1,143mm



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FPMAX ~ DB, data = FPMAX90.9ORDESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept)      DB
-15.90309  172.3656

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 4.946427

Call: lm(formula = FPMAX ~ DB, data = FPMAX90.9ORDESP1143AA30xDENS, na.action =
na.omit)

Coefficients:
                Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -15.9031    1.9917   -7.9845  0.0000
              DB  172.3656    2.9884   57.6790  0.0000

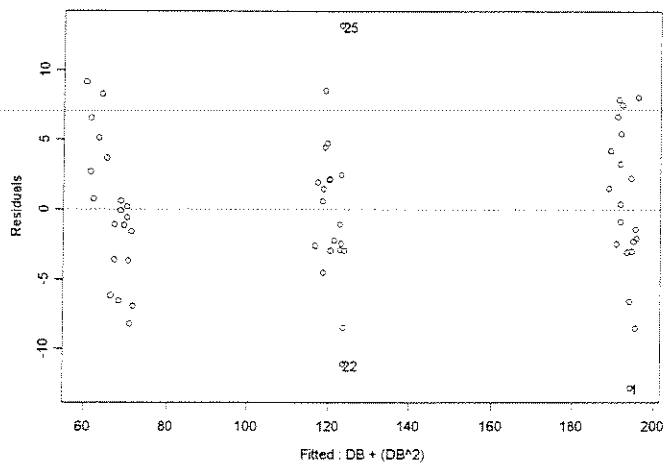
Residual standard error: 4.946 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared:  0.9829
F-statistic: 3327 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
      DB  1  81399.05  81399.05  3326.872    0
Residuals 58   1419.09    24.47
    
```

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA30xDENS, na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-127.5358 579.6522 -251.0656

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 5.378444

Call: lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA30xDENS,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-127.5358	10.9083	-11.6916	0.0000
DB	579.6522	35.4339	16.3587	0.0000
I(DB^2)	-251.0656	26.0782	-9.6274	0.0000

Residual standard error: 5.378 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9898
F-statistic: 2773 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

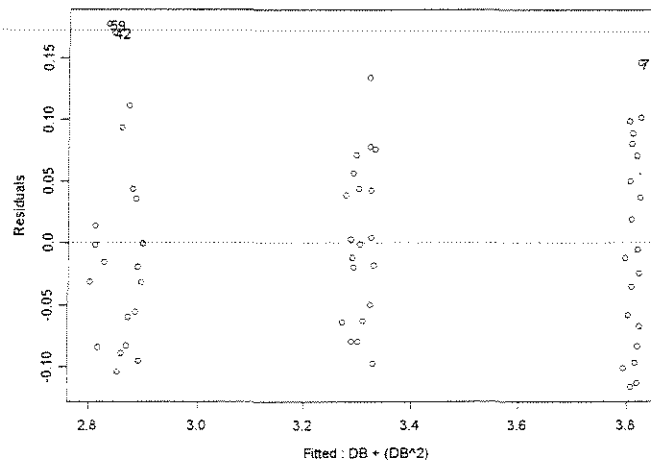
Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	157750.0	157750.0	5453.258	0.000000e+000
I(DB^2)	1	2681.2	2681.2	92.687	1.484368e-013
Residuals	57	1648.9	28.9		

$$\gamma = 40^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA40xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
1.105824	5.381059	-2.648455

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.07735745

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0381AA40xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.1058	0.1569	7.0483	0.0000
DB	5.3811	0.5096	10.5585	0.0000
I(DB^2)	-2.6485	0.3751	-7.0611	0.0000

Residual standard error: 0.07736 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9641

F-statistic: 764.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

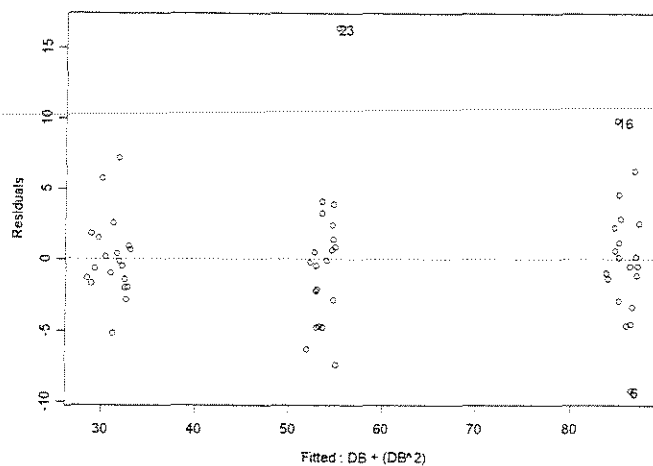
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	8.853454	8.853454	1479.478	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.298362	0.298362	49.859	2.517403e-009
Residuals	57	0.341098	0.005984		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA40xDENS, na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)    DB    I(DB^2)
-48.02052 233.0562 -95.08903
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 4.14009

```
Call: lm(formula = FPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP0762AA40xDENS,
na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-48.0205	8.3968	-5.7189	0.0000
DB	233.0562	27.2755	8.5445	0.0000
I(DB^2)	-95.0890	20.0739	-4.7370	0.0000

Residual standard error: 4.14 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9687

F-statistic: 882.3 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

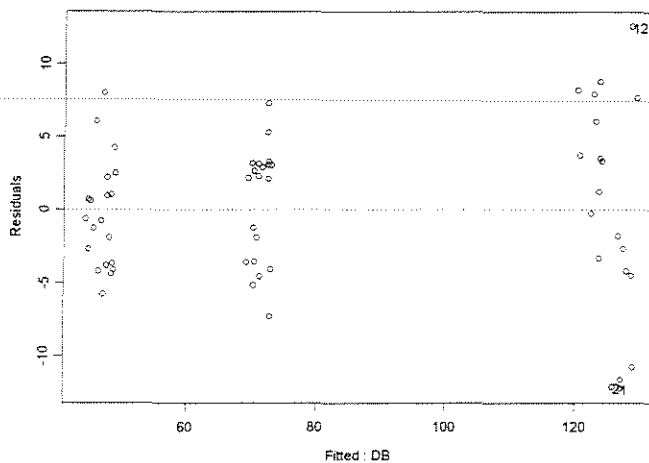
Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	29860.78	29860.78	1742.134	0.000000000000
I(DB^2)	1	384.61	384.61	22.439	0.00001482695
Residuals	57	977.00	17.14		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = FPMAX ~ DB, data = FPMAX90.90RDESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
-15.57768  153.3346
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 5.374685

```
Call: lm(formula = FPMAX ~ DB, data = FPMAX90.90RDESP1143AA40xDENS, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-15.5777	2.1642	-7.1979	0.0000
DB	153.3346	3.2471	47.2222	0.0000

Residual standard error: 5.375 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9746

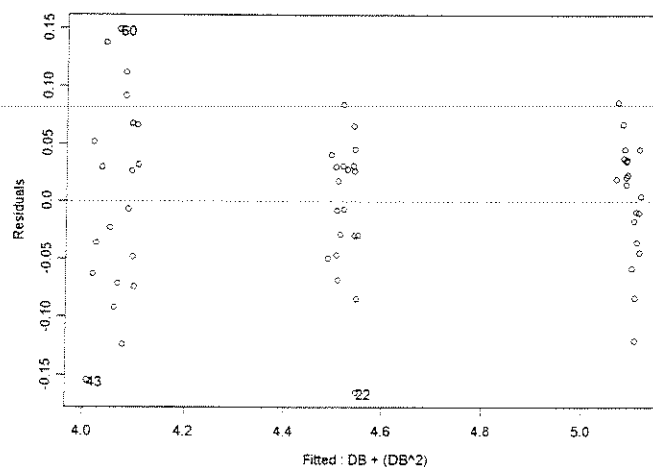
F-statistic: 2230 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	64416.67	64416.67	2229.935	0
Residuals	58	1675.46	28.89		

ESPESSURA = 1,524mm

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA40xDENS.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
 2.352771  5.172985 -2.378963
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.06735351

```
Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + (DB^2), data = FPMAX90.90RDESP1524AA40xDENS.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3528	0.1366	17.2233	0.0000
DB	5.1730	0.4437	11.6579	0.0000
I(DB^2)	-2.3790	0.3266	-7.2846	0.0000

Residual standard error: 0.06735 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9764

F-statistic: 1180 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

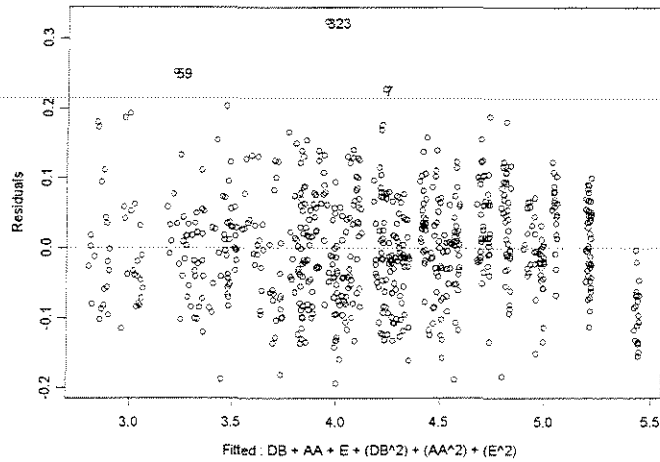
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10.46273	10.46273	2306.345	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.24073	0.24073	53.066	1.067313e-009
Residuals	57	0.25858	0.00454		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMAX ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2) + (E^2), data =
FPMAX90.90RDxDENSAESP.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB AA E I(DB^2) I(AA^2) I(E^2)
1.225303 5.821322 -2.1796 2.260395 -2.951185 1.029287 -0.6277487

Degrees of freedom: 720 total; 713 residual
Residual standard error: 0.07529144

Call: lm(formula = LNFPMAX ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2) + (E^2), data =
FPMAX90.90RDxDENSAESP.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.2253	0.0689	17.7859	0.0000
DB	5.8213	0.1432	40.6541	0.0000
AA	-2.1796	0.2056	-10.6027	0.0000
E	2.2604	0.0374	60.4255	0.0000
I(DB^2)	-2.9512	0.1054	-28.0040	0.0000
I(AA^2)	1.0293	0.1954	5.2675	0.0000
I(E^2)	-0.6277	0.0193	-32.4755	0.0000

Residual standard error: 0.07529 on 713 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9861
F-statistic: 8417 on 6 and 713 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMAX

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(>F)
DB     1  109.8966  109.8966  19386.22 0.000000e+000
AA     1   17.7480   17.7480   3130.82 0.000000e+000
E      1  148.0511  148.0511  26116.82 0.000000e+000
I(DB^2) 1    4.4456    4.4456    784.23 0.000000e+000
I(AA^2) 1    0.1573    0.1573    27.75 1.833271e-007
I(E^2)  1    5.9787    5.9787   1054.66 0.000000e+000
-----
Residuals 713    4.0419    0.0057

```

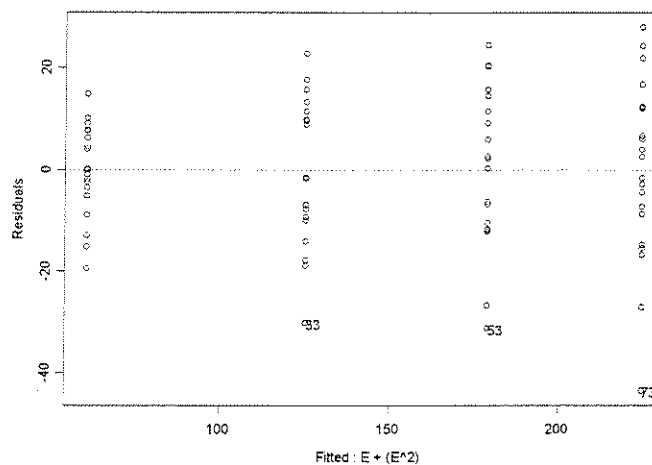
FORÇA PARALELA MÁXIMA

CORTE 90°-90° TANGENCIAL

• FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$$\gamma = 20^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA20FPMAX, na.action =
na.omit)

```

Coefficients:

```

(Intercept)      E      I(E^2)
-10.84441  202.1292 -31.28262

```

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 14.5745

```

Call: lm(formula = FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA20FPMAX, na.action =
na.omit)

```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10.8444	9.0726	-1.1953	0.2356
E	202.1292	21.7237	9.3046	0.0000
I(E^2)	-31.2826	11.2253	-2.7868	0.0067

Residual standard error: 14.57 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9477

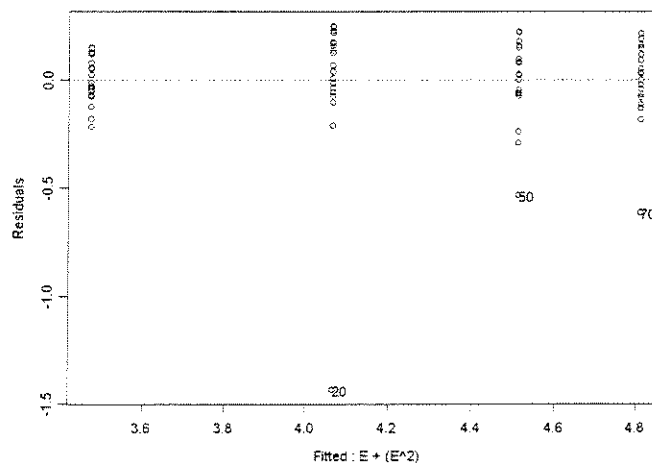
F-statistic: 698.1 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	294915.9	294915.9	1388.388	0.000000000
I(E^2)	1	1649.7	1649.7	7.766	0.006700522
Residuals	77	16356.0	212.4		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA20FPMAX.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.735533	2.13214	-0.5050463

Degrees of freedom: 79 total; 76 residual

Residual standard error: 0.2302873

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA20FPMAX.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.7355	0.1458	18.7635	0.0000
E	2.1321	0.3466	6.1518	0.0000
I(E^2)	-0.5050	0.1785	-2.8289	0.0060

Residual standard error: 0.2303 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8305

F-statistic: 186.2 on 2 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

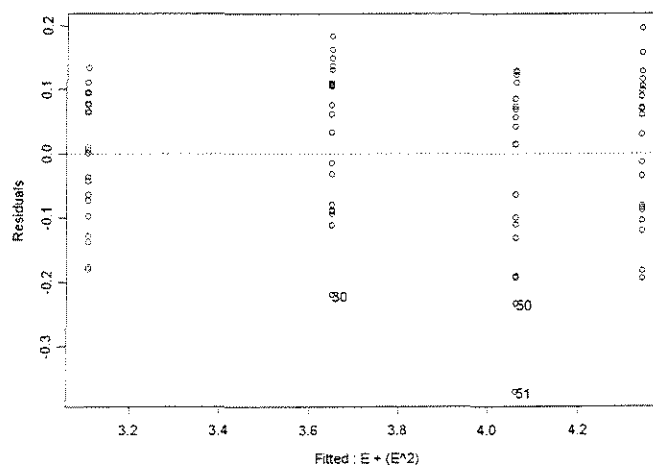
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	19.32005	19.32005	364.3076	0.000000000
I(E^2)	1	0.42441	0.42441	8.0029	0.005969348
Residuals	76	4.03045	0.05303		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA20FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.432042	1.944573	-0.4539058

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1198608

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA20FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
-------	------------	---------	----------

(Intercept)	2.4320	0.0746	32.5955	0.0000
E	1.9446	0.1787	10.8845	0.0000
I(E^2)	-0.4539	0.0923	-4.9168	0.0000

Residual standard error: 0.1199 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9398
F-statistic: 601.2 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

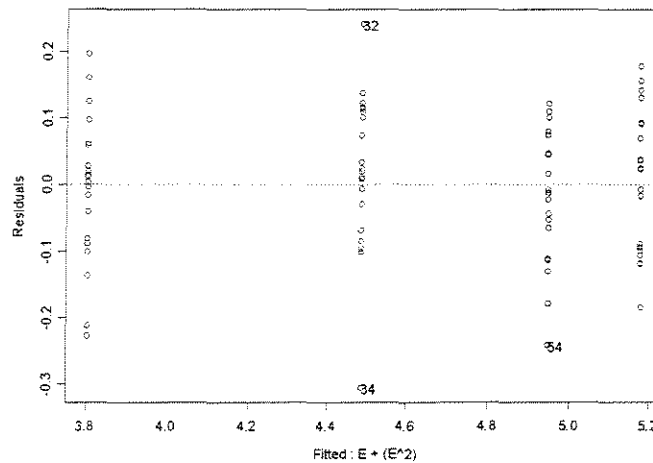
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.92790	16.92790	1178.282	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.34731	0.34731	24.175	4.860154e-006
Residuals	77	1.10623	0.01437		

$\gamma = 30^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.892238	2.691264	-0.7804137

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.1098308

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.8922	0.0684	42.3033	0.0000
E	2.6913	0.1637	16.4396	0.0000
I(E^2)	-0.7804	0.0846	-9.2256	0.0000

Residual standard error: 0.1098 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9596
 F-statistic: 915.6 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

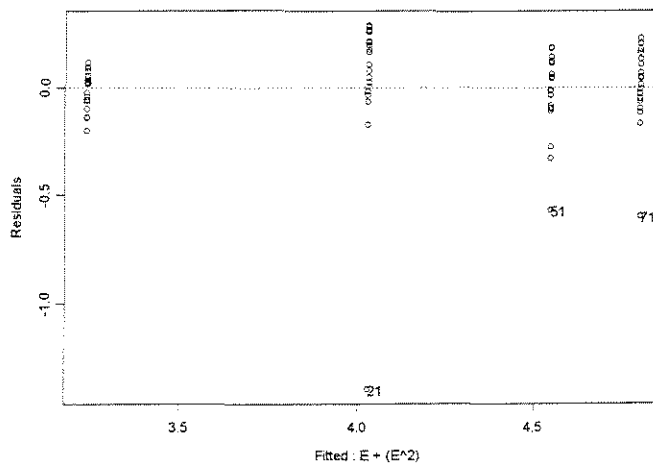
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	21.06291	21.06291	1746.103	0.000000e+000
I(E^2)	1	1.02669	1.02669	85.112	4.407585e-014
Residuals	77	0.92884	0.01206		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E I(E^2)
 2.171114 3.152671 -0.9370722

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
 Residual standard error: 0.2281051

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:
 Value Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept)	2.1711	0.1420	15.2901	0.0000
E	3.1527	0.3400	9.2726	0.0000
I(E^2)	-0.9371	0.1757	-5.3338	0.0000

Residual standard error: 0.2281 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8772

F-statistic: 275.1 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

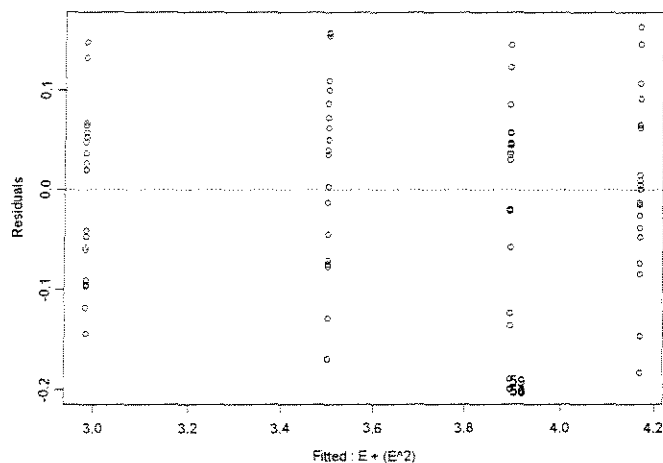
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	27.14786	27.14786	521.7537	0.000000e+000
I(E^2)	1	1.48025	1.48025	28.4489	9.348383e-007
Residuals	77	4.00646	0.05203		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.347042	1.828865	-0.4155704

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09601247

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA30FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3470	0.0598	39.2697	0.0000

E	1.8289	0.1431	12.7795	0.0000
I(E^2)	-0.4156	0.0739	-5.6197	0.0000

Residual standard error: 0.09601 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9573
F-statistic: 862.8 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

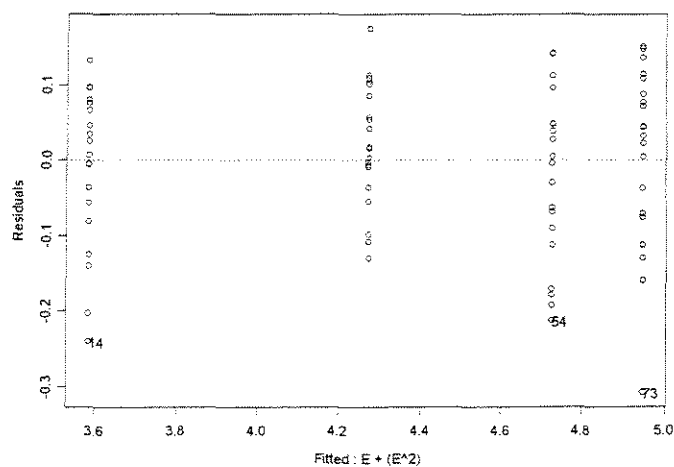
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	15.61629	15.61629	1694.036	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.29112	0.29112	31.581	2.926316e-007
Residuals	77	0.70982	0.00922		

$\gamma = 40^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.662894	2.725789	-0.8051255

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1060073

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = C90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.6629	0.0660	40.3536	0.0000
E	2.7258	0.1580	17.2511	0.0000
I(E^2)	-0.8051	0.0816	-9.8610	0.0000

Residual standard error: 0.106 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9617

F-statistic: 966.4 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

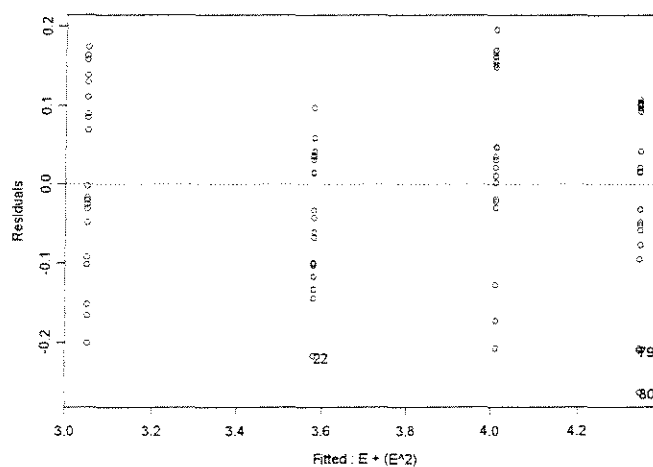
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	20.62625	20.62625	1835.477	0.000000e+000
I(E^2)	1	1.09274	1.09274	97.240	2.664535e-015
Residuals	77	0.86529	0.01124		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.423669	1.773828	-0.3357927

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1123314

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = S90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.4237	0.0699	34.6606	0.0000
E	1.7738	0.1674	10.5943	0.0000
I(E^2)	-0.3358	0.0865	-3.8812	0.0002

Residual standard error: 0.1123 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.951

F-statistic: 747.4 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

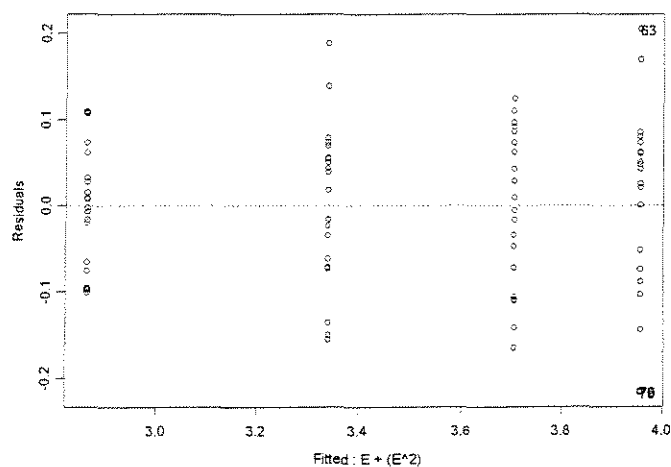
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	18.67177	18.67177	1479.732	0.0000000000
I(E^2)	1	0.19008	0.19008	15.064	0.0002178808
Residuals	77	0.97161	0.01262		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
2.281287	1.68515	-0.3838374

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09269652

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + (E^2), data = G90.90TGAA40FPMAX.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
-------	------------	---------	----------

(Intercept)	2.2813	0.0577	39.5349	0.0000
E	1.6851	0.1382	12.1965	0.0000
I(E^2)	-0.3838	0.0714	-5.3762	0.0000

Residual standard error: 0.0927 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9531

F-statistic: 783.1 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

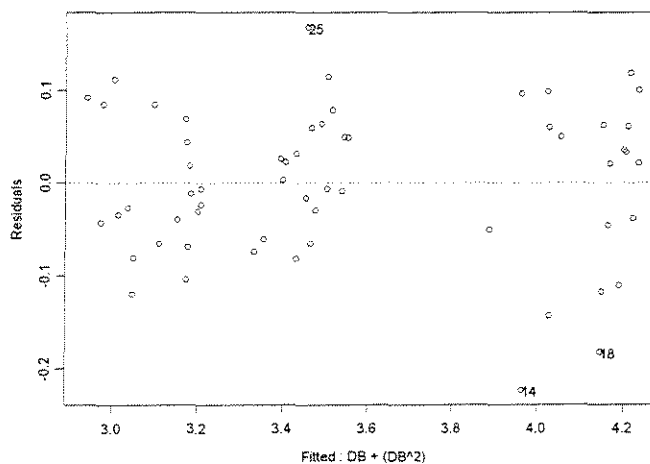
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	13.20966	13.20966	1537.322	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.24836	0.24836	28.904	7.878259e-007
Residuals	77	0.66163	0.00859		

• FORÇA x DENSIDADE BÁSICA

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENBAS90.90TGAA20E0381.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
1.721225	3.811209	-1.254927

Degrees of freedom: 59 total; 56 residual

Residual standard error: 0.08122732

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENBAS90.90TGAA20E0381.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.7212	0.1598	10.7701	0.0000
DB	3.8112	0.5122	7.4415	0.0000
I(DB^2)	-1.2549	0.3751	-3.3452	0.0015

Residual standard error: 0.08123 on 56 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9679

F-statistic: 843.9 on 2 and 56 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

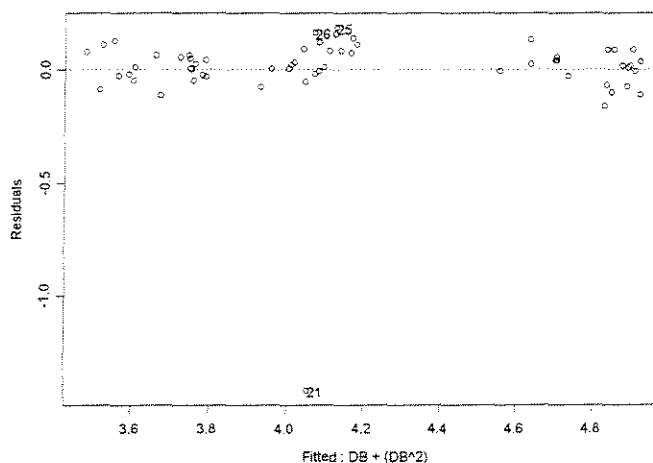
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11.06170	11.06170	1676.555	0.000000000
I(DB^2)	1	0.07383	0.07383	11.190	0.001472696
Residuals	56	0.36948	0.00660		

*** Summary Statistics for data in:
FPMAX.x.DENBAS90.90TGAA20E0381.LN ***

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENBAS90.90TGAA20E0762.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
-------------	----	---------

2.03632 4.566812 -1.636807

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.2045186

Call: `lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA20E0762.LN,
na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0363	0.4000	5.0906	0.0000
DB	4.5668	1.2796	3.5690	0.0007
I(DB^2)	-1.6368	0.9366	-1.7476	0.0859

Residual standard error: 0.2045 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.853
F-statistic: 165.3 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

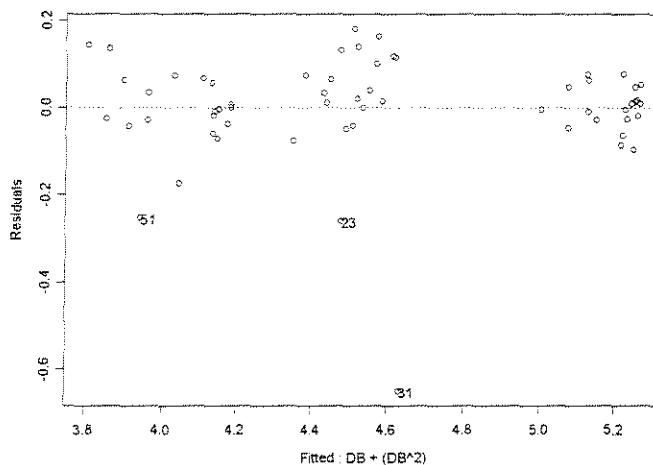
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	13.70420	13.70420	327.6334	0.00000000
I(DB^2)	1	0.12774	0.12774	3.0540	0.08592238
Residuals	57	2.38419	0.04183		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
`lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA20E1143.LN,
na.action = na.omit)`

Coefficients:


```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
 1.886478  6.356028 -2.962301
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
 Residual standard error: 0.1230728

```
Call: lm(formula = LNFPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA20E1143.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8865	0.2407	7.8369	0.0000
DB	6.3560	0.7700	8.2545	0.0000
I(DB^2)	-2.9623	0.5636	-5.2558	0.0000

Residual standard error: 0.1231 on 57 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9418
 F-statistic: 461.4 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	13.56009	13.56009	895.2380	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.41841	0.41841	27.6235	2.291233e-006
Residuals	57	0.86337	0.01515		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LN.FPM ~ BD + (BD^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA20E1524.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      BD      I(BD^2)
 2.316304  6.091235 -2.933754
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1186858

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ BD + (BD^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA20E1524.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.3163   0.2321    9.9782  0.0000
           BD   6.0912   0.7426    8.2030  0.0000
           I(BD^2) -2.9338  0.5435   -5.3976  0.0000
```

Residual standard error: 0.1187 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9346
F-statistic: 407 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

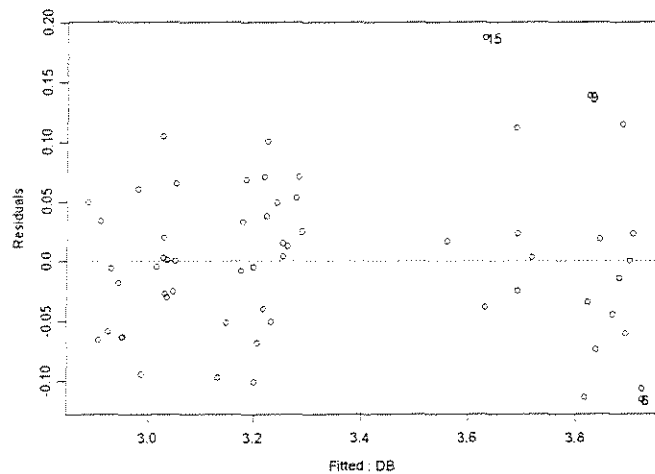
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
BD	1	11.05696	11.05696	784.9435	0.000000e+000
I(BD^2)	1	0.41038	0.41038	29.1336	1.361777e-006
Residuals	57	0.80292	0.01409		

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB, data = FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E0381.LN,
na.action =
  na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB
  2.263069  1.71153
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 0.06559503
```

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB, data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E0381.LN, na.action =
  na.omit)
```

```
Coefficients:
                Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.2631   0.0273    82.8533  0.0000
              DB  1.7115   0.0415    41.2412  0.0000
```

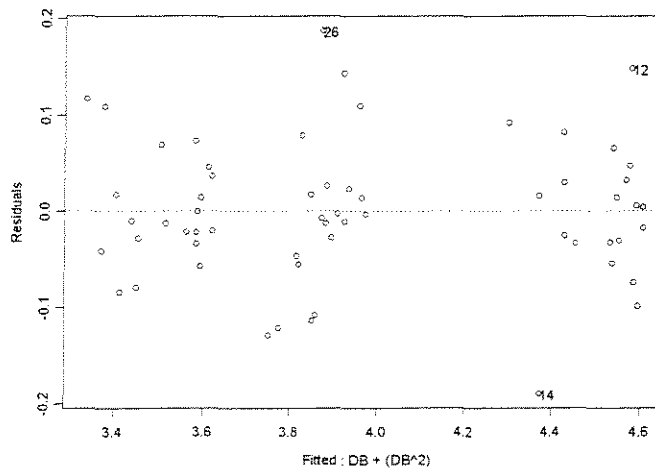
```
Residual standard error: 0.0656 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.967
F-statistic: 1701 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
      DB  1  7.318190  7.318190 1700.833    0
Residuals 58  0.249557  0.004303
```

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E0762.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  1.987543  4.312159 -1.660795
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.0729519
```

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E0762.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9875	0.1427	13.9295	0.0000
DB	4.3122	0.4564	9.4477	0.0000
I(DB^2)	-1.6608	0.3341	-4.9711	0.0000

Residual standard error: 0.07295 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9724

F-statistic: 1003 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

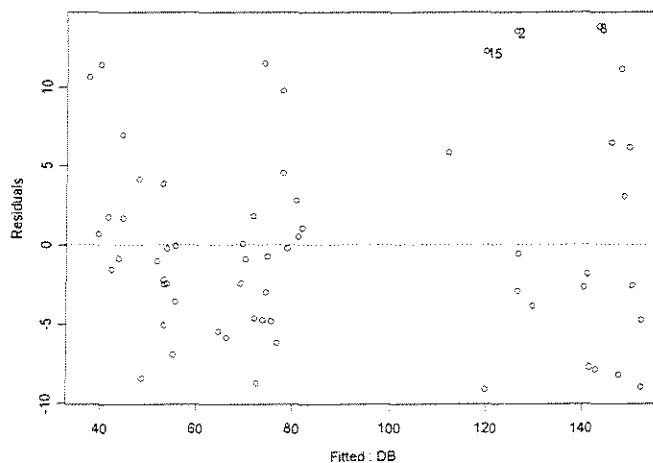
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10.54875	10.54875	1982.111	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.13152	0.13152	24.712	6.434351e-006
Residuals	57	0.30335	0.00532		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = FPM ~ DB, data = FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E1143, na.action
= na.omit
)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB
-31.44499 189.3374
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 6.179736
```

```
Call: lm(formula = FPM ~ DB, data = FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E1143,
na.action = na.omit
)
```

```
Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -31.4450 2.5733 -12.2198 0.0000
DB 189.3374 3.9098 48.4266 0.0000
```

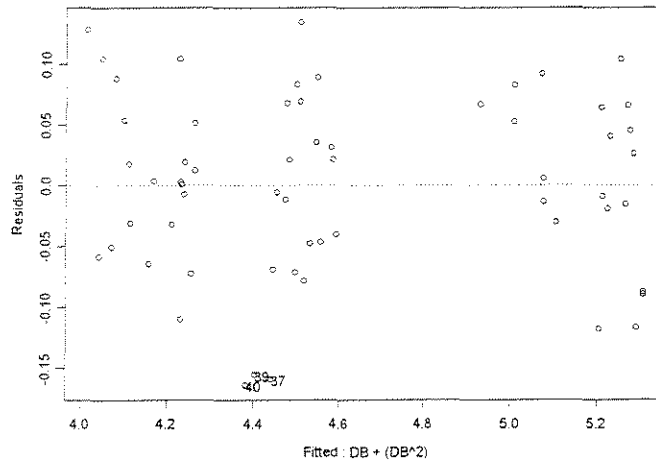
```
Residual standard error: 6.18 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9759
F-statistic: 2345 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0
```

Analysis of Variance Table

Response: FPM

```
Terms added sequentially (first to last)
Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
DB 1 89558.60 89558.60 2345.133 0
Residuals 58 2214.97 38.19
```

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E1524.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  2.918516  3.34054 -0.9062679
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.07459965

```
Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA30E1524.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.9185	0.1459	20.0024	0.0000
DB	3.3405	0.4667	7.1573	0.0000
I(DB^2)	-0.9063	0.3416	-2.6527	0.0103

Residual standard error: 0.0746 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9723

F-statistic: 1002 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

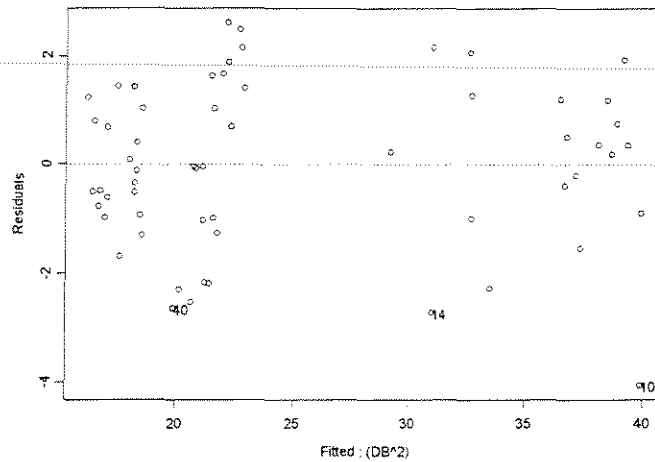
Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	11.10950	11.10950	1996.277	0.000000000
I(DB^2)	1	0.03916	0.03916	7.037	0.01032519
Residuals	57	0.31721	0.00557		

$\gamma = 40^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = FPM ~ (DB^2), data = FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA40E0381,
na.action =
na.omit)

Coefficients:
(Intercept) I(DB^2)
12.34759 29.29753

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 1.504451

Call: lm(formula = FPM ~ (DB^2), data = FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA40E0381,
na.action =
na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	12.3476	0.3589	34.4041	0.0000
I(DB^2)	29.2975	0.6967	42.0508	0.0000

Residual standard error: 1.504 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9682
F-statistic: 1768 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

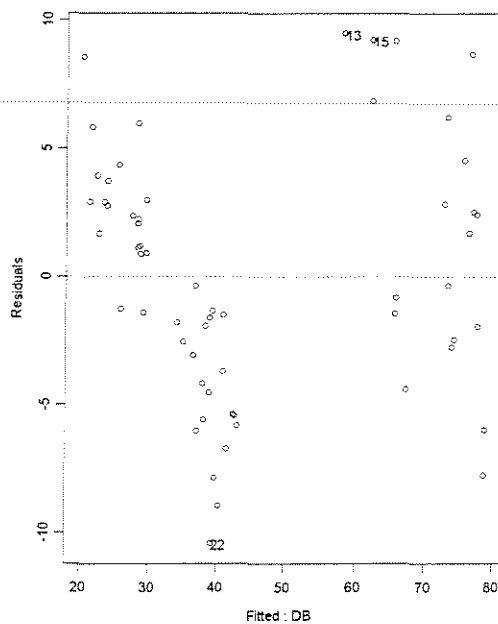
Analysis of Variance Table

Response: FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
I(DB^2)	1	4002.249	4002.249	1768.267	0
Residuals	58	131.276	2.263		

ESPESSURA = 0,762mm



```

*** Linear Model ***
Call:
lm(formula = FPM ~ DB, data = FPMAX.x.DESNBAS90.90TGAA40E0762, na.action
= na.omit
)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      DB
-14.93048  96.66397

```

```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual
Residual standard error: 4.889857

```

```

Call: lm(formula = FPM ~ DB, data = FPMAX.x.DESNBAS90.90TGAA40E0762,
na.action = na.omit
)

```

```

Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -14.9305   2.0362  -7.3326  0.0000
              DB  96.6640   3.0937  31.2454  0.0000

```

```

Residual standard error: 4.89 on 58 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9439
F-statistic: 976.3 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 0

```

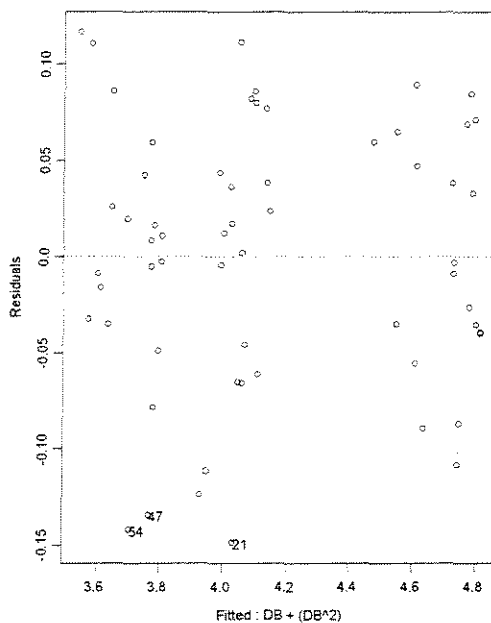
Analysis of Variance Table

Response: FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
DB	1	23343.38	23343.38	976.2732	0
Residuals	58	1386.82	23.91		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA40E1143.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
2.332536 3.780854 -1.260142

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.06914356

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
FPMAX.x.DENSBAS90.90TGAA40E1143.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.3325	0.1352	17.2478	0.0000
DB	3.7809	0.4326	8.7399	0.0000
I(DB^2)	-1.2601	0.3167	-3.9796	0.0002

Residual standard error: 0.06914 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9753
 F-statistic: 1125 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

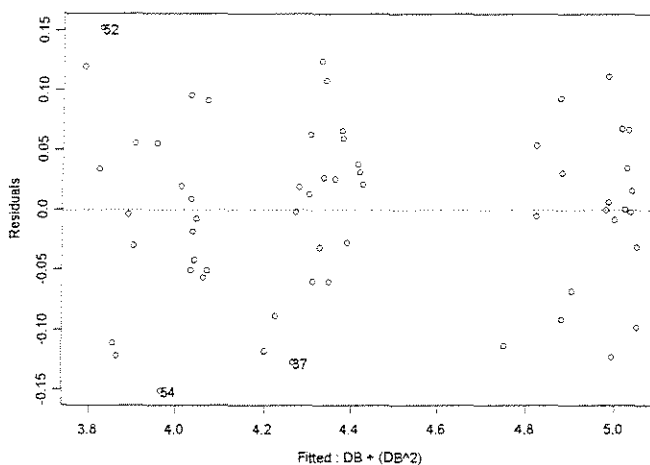
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10.68522	10.68522	2235.013	0.0000000000
I(DB^2)	1	0.07572	0.07572	15.837	0.0001974189
Residuals	57	0.27251	0.00478		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
 FPMAX.x.DENSEBAS90.90TGAA40E1524.LN,
 na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) DB I(DB^2)
 2.416149 4.393499 -1.729831

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
 Residual standard error: 0.07292094

Call: lm(formula = LN.FPM ~ DB + (DB^2), data =
 FPMAX.x.DENSEBAS90.90TGAA40E1524.LN,
 na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.4161	0.1426	16.9406	0.0000
DB	4.3935	0.4562	9.6300	0.0000
I(DB^2)	-1.7298	0.3339	-5.1799	0.0000

Residual standard error: 0.07292 on 57 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.9721
 F-statistic: 993.3 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

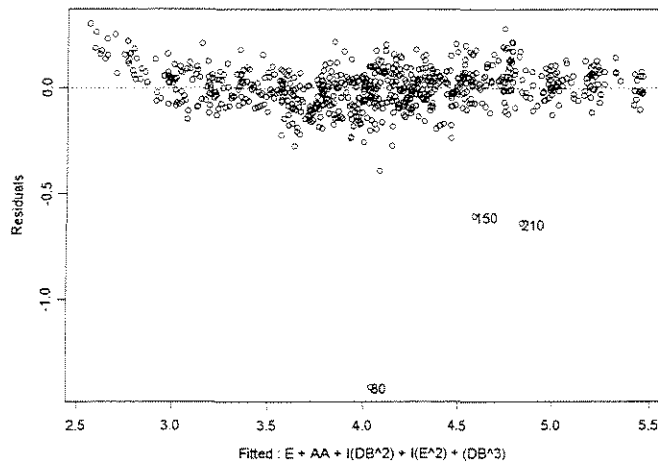
Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	10.42089	10.42089	1959.749	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.14268	0.14268	26.832	3.022184e-006
Residuals	57	0.30310	0.00532		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:
 lm(formula = LN.FPM ~ E + AA + I(DB^2) + I(E^2) + (DB^3), data =
 FPMAX.x..DENSBAS...ESP...AA.90.90TG.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:
 (Intercept) E AA I(DB^2) I(E^2) I(DB^3)
 2.15406 2.230521 -1.231694 4.947125 -0.5879934 -3.231348

Degrees of freedom: 719 total; 713 residual
 Residual standard error: 0.111739

Call: lm(formula = LN.FPM ~ E + AA + I(DB^2) + I(E^2) + (DB^3), data =
 FPMAX.x..DENSBAS...ESP...AA.90.90TG.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.1541	0.0364	59.1724	0.0000
E	2.2305	0.0556	40.1356	0.0000
AA	-1.2317	0.0293	-42.1057	0.0000
I(DB^2)	4.9471	0.1764	28.0521	0.0000
I(E^2)	-0.5880	0.0287	-20.4824	0.0000

I(DB^3) -3.2313 0.1634 -19.7736 0.0000

Residual standard error: 0.1117 on 713 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9725

F-statistic: 5034 on 5 and 713 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LN.FPM

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	160.6871	160.6871	12869.80	0
AA	1	22.2256	22.2256	1780.10	0
I(DB^2)	1	121.2490	121.2490	9711.11	0
I(E^2)	1	5.2497	5.2497	420.46	0
I(DB^3)	1	4.8818	4.8818	391.00	0
Residuals	713	8.9022	0.0125		

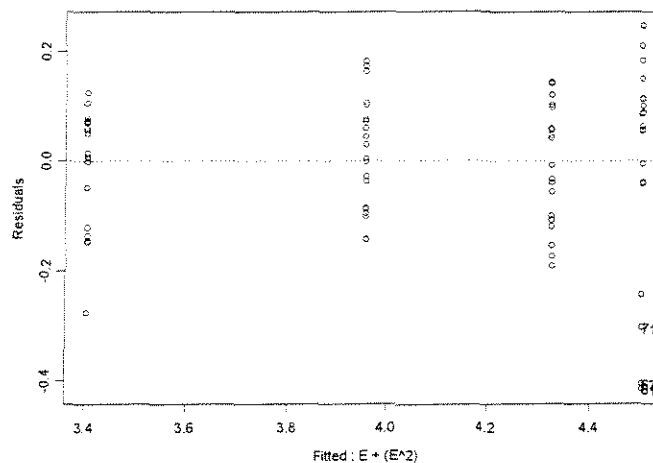
FORÇA PARALELA MÉDIA

CORTE 90°-0° RADIAL

• FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$\gamma = 10^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA10xESP.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept) E I(E^2)

2.663467 2.191007 -0.6445864

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual
Residual standard error: 0.1339912

Call: `lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA10xESP.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.6635	0.0834	31.9327	0.0000
E	2.1910	0.1997	10.9705	0.0000
I(E^2)	-0.6446	0.1032	-6.2460	0.0000

Residual standard error: 0.134 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9111

F-statistic: 394.5 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

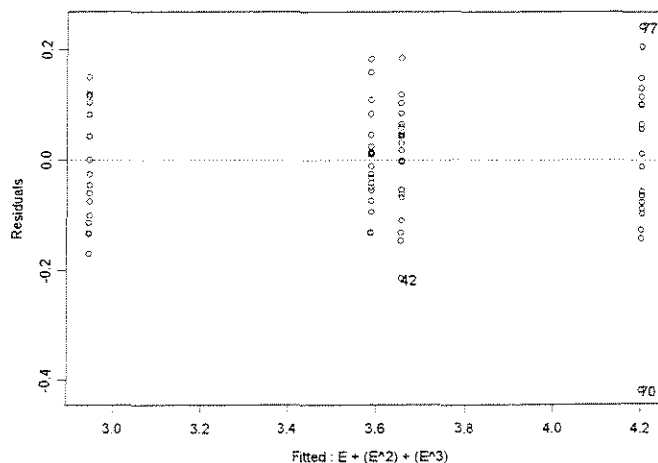
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	13.46373	13.46373	749.9162	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.70041	0.70041	39.0121	2.138914e-008
Residuals	77	1.38243	0.01795		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMD90.ORDAA10xESP.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	E	I(E^2)	I(E^3)
(Intercept)	0.6733326	9.027394	-9.249155 3.179031

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual

Residual standard error: 0.1118887

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMD90.ORDAA10xESP.LN,
na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.6733	0.2078	3.2399	0.0018
E	9.0274	0.8342	10.8213	0.0000
I(E^2)	-9.2492	0.9673	-9.5615	0.0000
I(E^3)	3.1790	0.3372	9.4283	0.0000

Residual standard error: 0.1119 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9434

F-statistic: 422.3 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

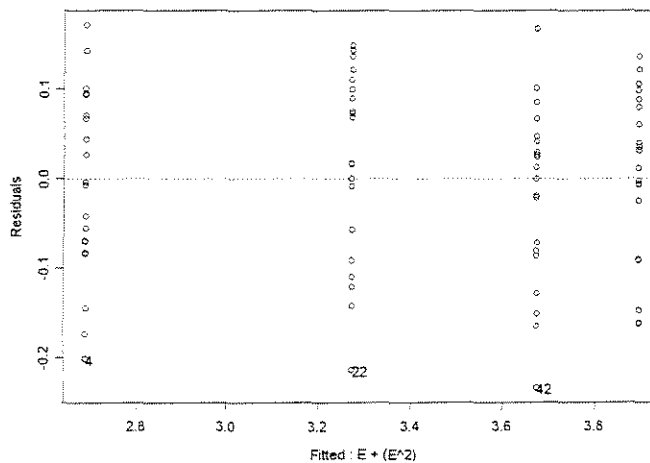
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.70126	14.70126	1174.307	0.00000000
I(E^2)	1	0.04594	0.04594	3.669	0.05918824
I(E^3)	1	1.11286	1.11286	88.893	0.00000000
Residuals	76	0.95145	0.01252		

GRANDIS



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.ORDAA10xESP.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	1.928846	2.235088
		-0.6202692

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.101998

Call: `lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.ORDAA10xESP.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9288	0.0635	30.3788	0.0000
E	2.2351	0.1520	14.7016	0.0000
I(E^2)	-0.6203	0.0786	-7.8956	0.0000

Residual standard error: 0.102 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9544

F-statistic: 805.4 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

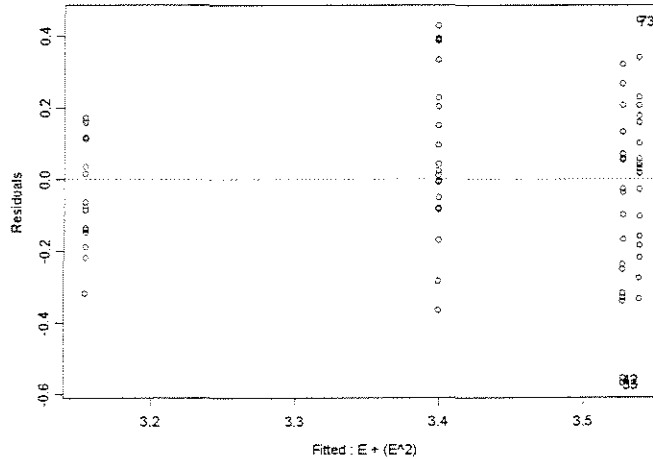
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.11012	16.11012	1548.517	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.64856	0.64856	62.340	1.615674e-011
Residuals	77	0.80108	0.01040		

$\alpha = 20^\circ$



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA20xESP.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	2.793131	-0.4021915

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.221047

Call: `lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA20xESP.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.7931	0.1376	20.2988	0.0000
E	1.1023	0.3295	3.3456	0.0013
I(E^2)	-0.4022	0.1703	-2.3623	0.0207

Residual standard error: 0.221 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.337

F-statistic: 19.57 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 1.34e-007

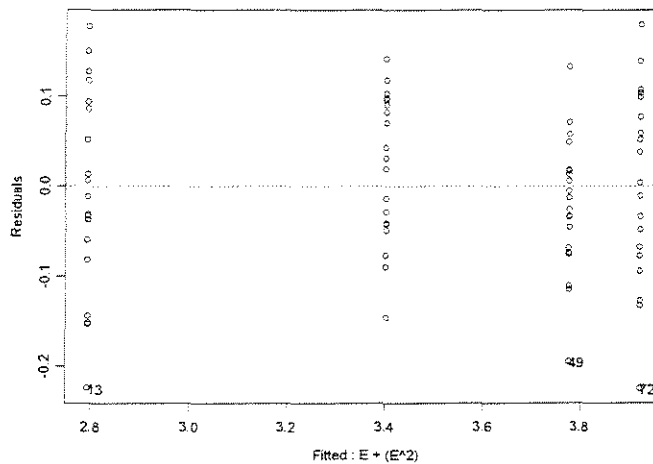
Analysis of Variance Table

Response: LNFNMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	1.640088	1.640088	33.56586	0.00000014
I(E^2)	1	0.272682	0.272682	5.58067	0.02068619
Residuals	77	3.762358	0.048862		

SALIGNA



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = SFPMD90.ORDAA20xESP.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
1.95357	2.512312	-0.8011562

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09526465

```
Call: lm(formula = LNFNMD ~ E + (E^2), data = SFPMD90.ORDAA20xESP.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9536	0.0593	32.9429	0.0000
E	2.5123	0.1420	17.6930	0.0000
I(E^2)	-0.8012	0.0734	-10.9189	0.0000

Residual standard error: 0.09526 on 77 degrees of freedom
 Multiple R-Squared: 0.956
 F-statistic: 837.3 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

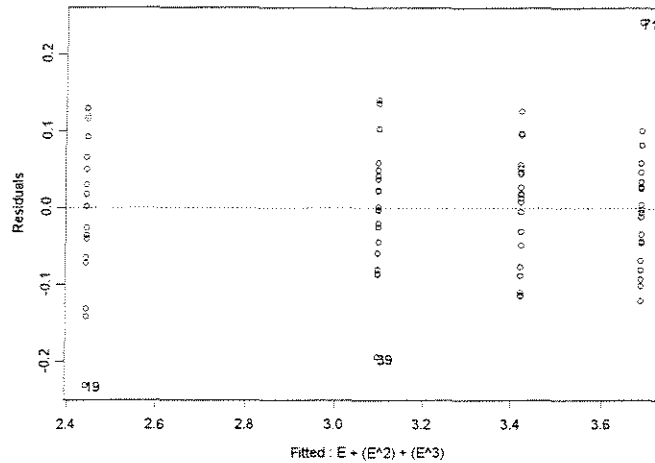
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.11561	14.11561	1555.379	0
I(E^2)	1	1.08199	1.08199	119.223	0
Residuals	77	0.69880	0.00908		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMD90.ORDAA20xESP.LN, na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)	I(E^3)
(Intercept)	1.185134	4.33763	-3.02686
	0.82567		

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual

Residual standard error: 0.08442471

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = GFPMD90.ORDAA20xESP.LN,
na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.1851	0.1568	7.5577	0.0000
E	4.3376	0.6295	6.8911	0.0000
I(E^2)	-3.0269	0.7299	-4.1470	0.0001
I(E^3)	0.8257	0.2544	3.2454	0.0017

Residual standard error: 0.08442 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9696
 F-statistic: 807.8 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

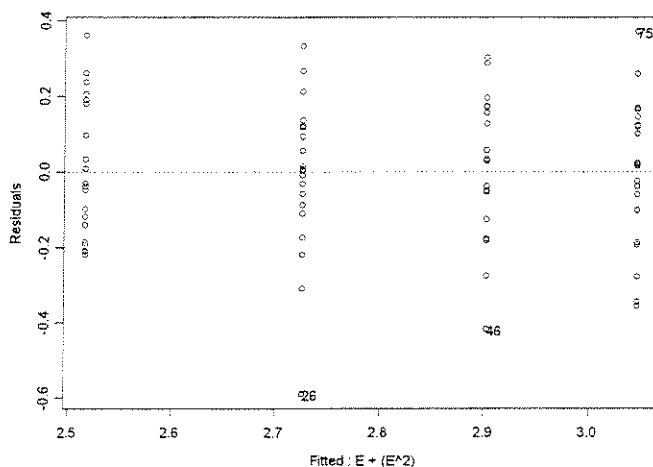
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.44743	16.44743	2307.591	0.000000000
I(E^2)	1	0.75111	0.75111	105.381	0.000000000
I(E^3)	1	0.07507	0.07507	10.532	0.001745401
Residuals	76	0.54169	0.00713		

$\gamma = 30^\circ$



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA30xESP.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	2.274877	-0.1132077

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1923721

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = CFPMD90.ORDAA30xESP.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.2749	0.1198	18.9968	0.0000
E	0.6790	0.2867	2.3679	0.0204
I(E^2)	-0.1132	0.1482	-0.7641	0.4472

Residual standard error: 0.1924 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.5241

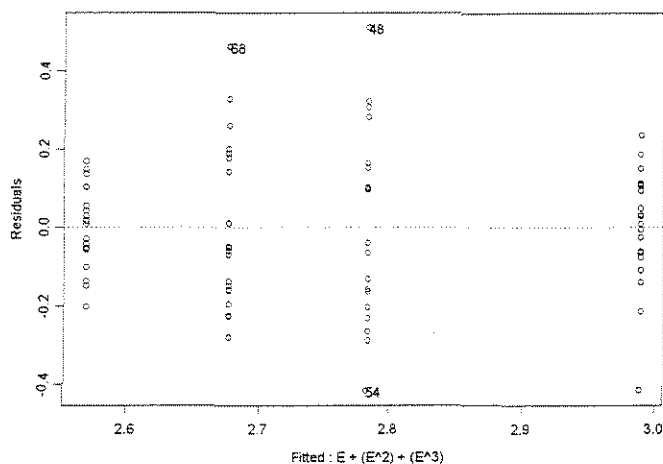
F-statistic: 42.39 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 3.852e-013

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	3.116027	3.116027	84.20092	0.0000000
I(E^2)	1	0.021604	0.021604	0.58379	0.4471653
Residuals	77	2.849542	0.037007		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMD90.ORDAA30xESP.LN, na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      E      I(E^2)      I(E^3)
  0.8032239  7.040176 -7.136284  2.180522
```

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual

Residual standard error: 0.1842463

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2) + (E^3), data = SFPMD90.ORDAA30xESP.LN,
na.action
    = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.8032	0.3422	2.3471	0.0215
E	7.0402	1.3737	5.1249	0.0000
I(E^2)	-7.1363	1.5929	-4.4801	0.0000
I(E^3)	2.1805	0.5552	3.9272	0.0002

Residual standard error: 0.1842 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4264

F-statistic: 18.83 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 3.128e-009

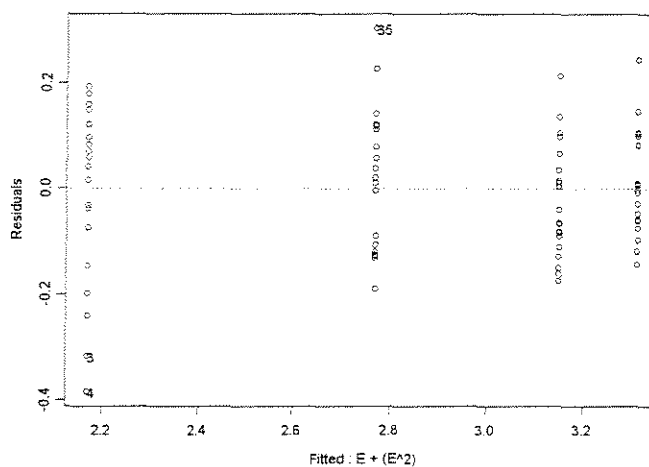
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	0.012471	0.012471	0.36738	0.5462412
I(E^2)	1	1.382011	1.382011	40.71121	0.0000000
I(E^3)	1	0.523568	0.523568	15.42325	0.0001876
Residuals	76	2.579948	0.033947		

GRANDIS



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.ORDAA30xESP.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
1.350928	2.434631	-0.7526513

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1303145

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.ORDAA30xESP.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.3509	0.0811	16.6534	0.0000
E	2.4346	0.1942	12.5343	0.0000
I(E^2)	-0.7527	0.1004	-7.4989	0.0000

Residual standard error: 0.1303 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9222

F-statistic: 456.2 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

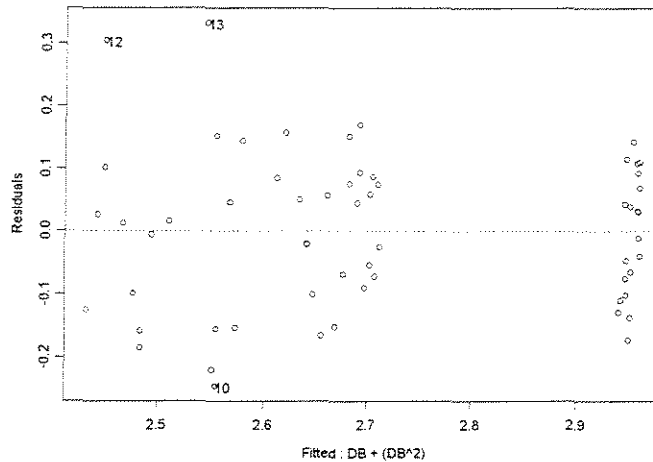
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.54023	14.54023	856.2210	0.00000e+000
I(E^2)	1	0.95494	0.95494	56.2331	9.32574e-011
Residuals	77	1.30760	0.01698		

• **FORÇA x DENSIDADE**

$\gamma = 10^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP0381AA10xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
0.6698671 7.261339 -5.711017

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1247047
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP0381AA10xDENS.LN,
na.action = na.omit)

Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 0.6699 0.2529 2.6485 0.0104
DB 7.2613 0.8216 8.8384 0.0000
I(DB^2) -5.7110 0.6046 -9.4452 0.0000

Residual standard error: 0.1247 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.691
F-statistic: 63.72 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 2.887e-015

Analysis of Variance Table

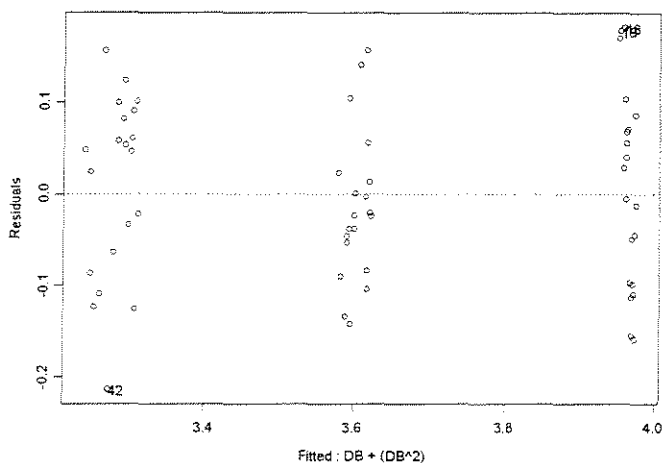
Response: LNFPMD

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
  DB  1  0.594558  0.594558  38.23211  7.194604e-008
  I(DB^2) 1  1.387347  1.387347  89.21118  2.900000e-013
Residuals 57  0.886422  0.015551

```

ESPESSURA= 0,762mm



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA10xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  2.027298  3.848911 -1.891107

```

```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.09788881

```

```

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA10xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)

```

```

Coefficients:
              Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.0273   0.1985   10.2113  0.0000
          DB   3.8489   0.6449    5.9682  0.0000
          I(DB^2) -1.8911  0.4746   -3.9844  0.0002

```

```

Residual standard error: 0.09789 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8961
F-statistic: 245.9 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

```

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

```

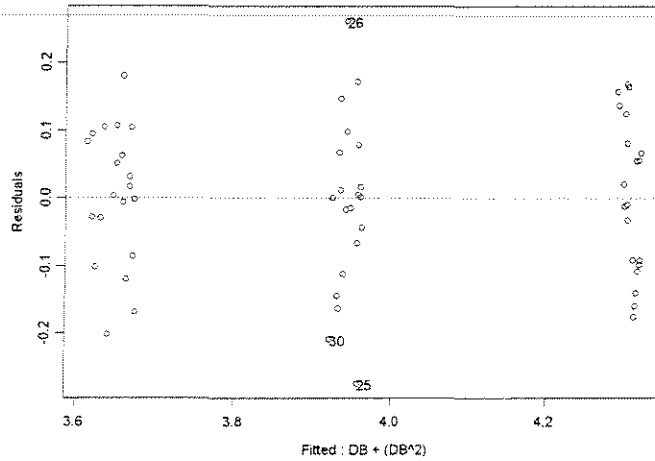
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)

```

```

      DB  1  4.560605  4.560605  475.9445  0.0000000000
I(DB^2)  1  0.152121  0.152121  15.8754  0.0001943346
Residuals 57  0.546187  0.009582
    
```

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA10xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
    
```

```

Coefficients:
(Intercept)      DB  I(DB^2)
 2.544021  3.353205 -1.561448
    
```

```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1159323
    
```

```

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA10xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
    
```

```

Coefficients:
              Value Std. Error  t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.5440   0.2351   10.8197  0.0000
           DB  3.3532   0.7638    4.3903  0.0000
           I(DB^2) -1.5614   0.5621   -2.7778  0.0074
    
```

```

Residual standard error: 0.1159 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8494
F-statistic: 160.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0
    
```

Analysis of Variance Table

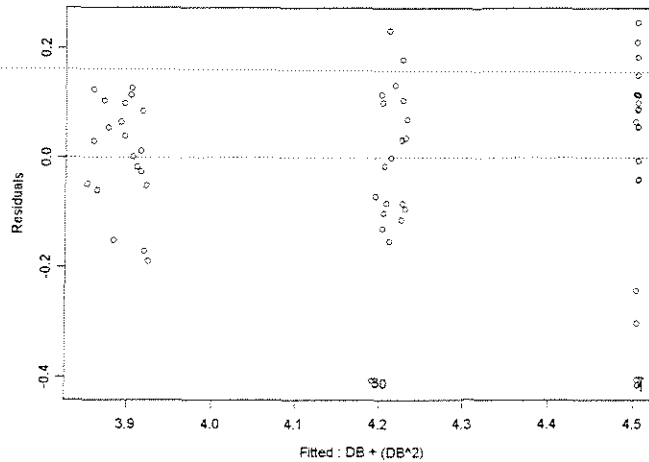
Response: LNFPMD

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
DB  1  4.216223  4.216223  313.7001  0.00000000
I(DB^2)  1  0.103708  0.103708   7.7162  0.007395842
    
```

Residuals 57 0.766097 0.013440

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA10xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
2.553963 4.219758 -2.282178

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1516461

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA10xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.5540	0.3076	8.3039	0.0000
DB	4.2198	0.9991	4.2237	0.0001
I(DB^2)	-2.2822	0.7353	-3.1038	0.0030

Residual standard error: 0.1516 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.7401
F-statistic: 81.14 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

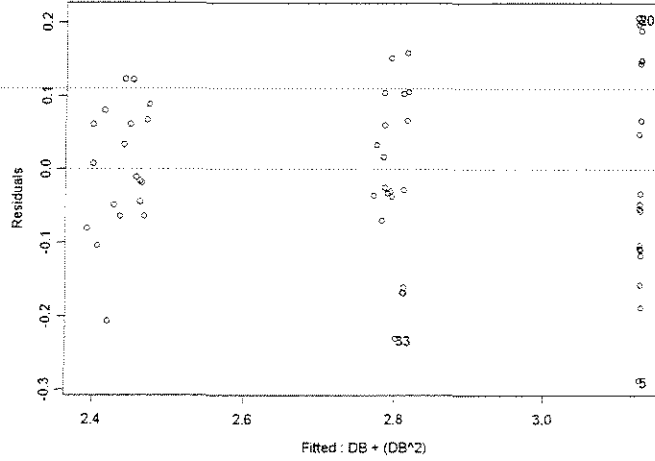
Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.510233	3.510233	152.6418	0.000000000
I(DB^2)	1	0.221542	0.221542	9.6337	0.002972316
Residuals	57	1.310802	0.022997		

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0381AA20xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
0.9466765 4.693257 -2.52884

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1193747

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0381AA20xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.9467	0.2421	3.9101	0.0002
DB	4.6933	0.7865	5.9676	0.0000
I(DB^2)	-2.5288	0.5788	-4.3691	0.0001

Residual standard error: 0.1194 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8527
F-statistic: 165 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

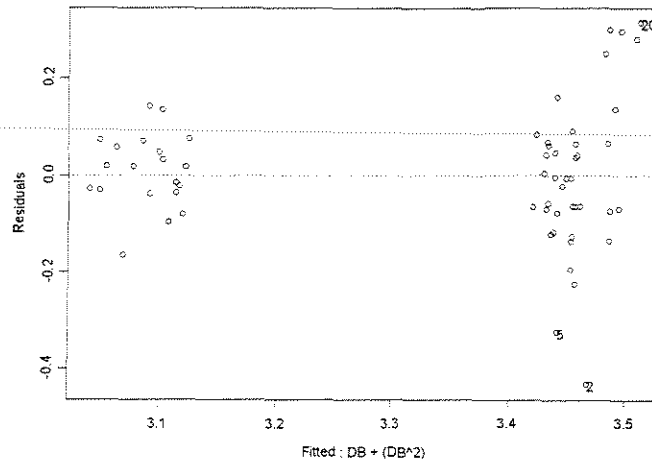
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4.430570	4.43057	310.9100	0.000000000000
I(DB^2)	1	0.272020	0.27202	19.0887	0.00005338261
Residuals	57	0.812269	0.01425		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA20xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
1.241457 6.218272 -4.125051

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1405106

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA20xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.2415 0.2850 4.3563 0.0001
DB 6.2183 0.9257 6.7174 0.0000
I(DB^2) -4.1251 0.6813 -6.0548 0.0000

Residual standard error: 0.1405 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6199
F-statistic: 46.48 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 1.064e-012

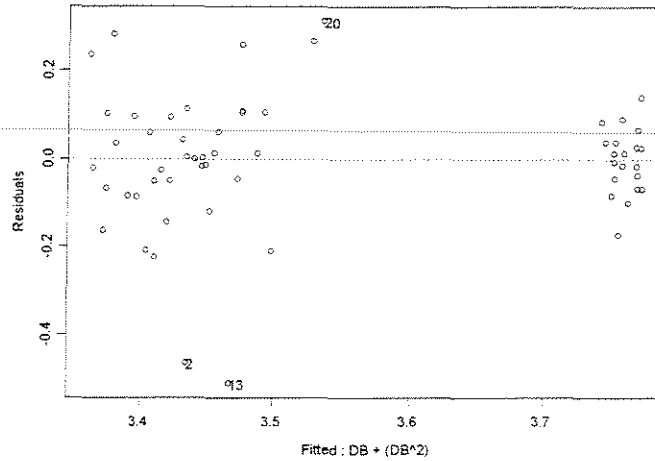
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	1.111556	1.111556	56.30061	4.609000e-010
I(DB^2)	1	0.723797	0.723797	36.66052	1.169642e-007
Residuals	57	1.125364	0.019743		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA20xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB      I(DB^2)
  1.188171  7.886605 -5.910909
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1533608
```

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA20xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.1882   0.3110     3.8200  0.0003
          DB   7.8866   1.0104     7.8057  0.0000
          I(DB^2) -5.9109  0.7436    -7.9491  0.0000
```

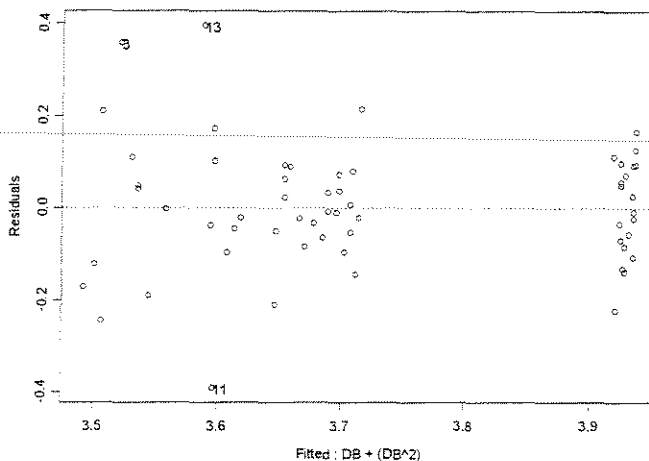
```
Residual standard error: 0.1534 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5313
F-statistic: 32.31 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 4.162e-010
```

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq F Value    Pr(F)
      DB  1  0.033779  0.033779  1.4362  0.2357145
      I(DB^2)  1  1.486164  1.486164  63.1885  0.0000000
Residuals 57  1.340613  0.023520
```

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA20xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
```

```
Coefficients:
(Intercept)      DB  I(DB^2)
 1.928366  6.337031 -4.955426
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1371971
```

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA20xDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
```

```
Coefficients:
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.9284  0.2783     6.9302  0.0000
           DB  6.3370  0.9039     7.0110  0.0000
           I(DB^2) -4.9554  0.6652    -7.4493  0.0000
```

```
Residual standard error: 0.1372 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.5688
F-statistic: 37.59 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 3.88e-011
```

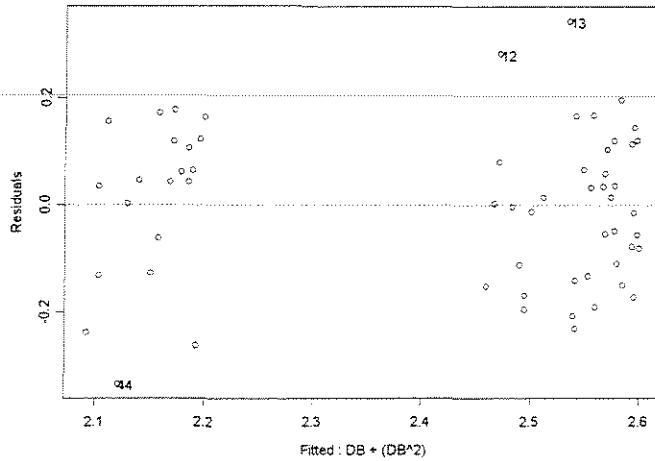
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

```
Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq Mean Sq F Value Pr(F)
DB     1  0.370654  0.370654  19.69152 0.00004219244
I(DB^2) 1  1.044528  1.044528  55.49201 0.00000000057
Residuals 57  1.072913  0.018823
```

$\gamma = 30^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0381AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
-0.2052366 8.047141 -5.531971

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1448577

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0381AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.2052	0.2938	-0.6986	0.4877
DB	8.0471	0.9543	8.4321	0.0000
I(DB^2)	-5.5320	0.7024	-7.8762	0.0000

Residual standard error: 0.1449 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6444
F-statistic: 51.65 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 1.59e-013

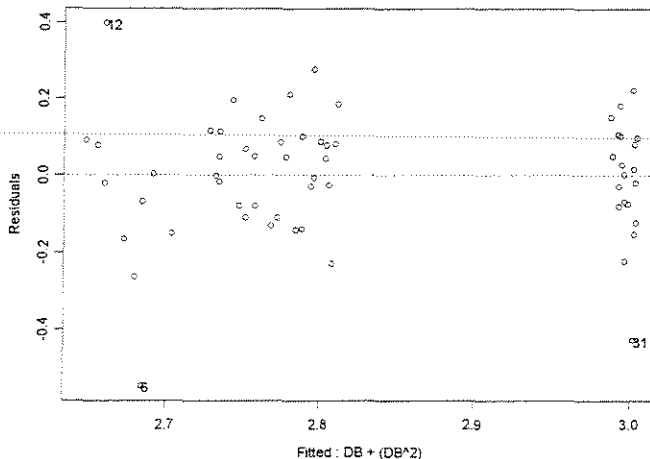
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	0.866011	0.866011	41.27053	2.87879e-008
I(DB^2)	1	1.301721	1.301721	62.03471	1.10360e-010
Residuals	57	1.196074	0.020984		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
1.296114 5.351897 -4.148614

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1606546

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP0762AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.2961	0.3258	3.9778	0.0002
DB	5.3519	1.0584	5.0565	0.0000
I(DB^2)	-4.1486	0.7790	-5.3259	0.0000

Residual standard error: 0.1607 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.3845
F-statistic: 17.81 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 9.825e-007

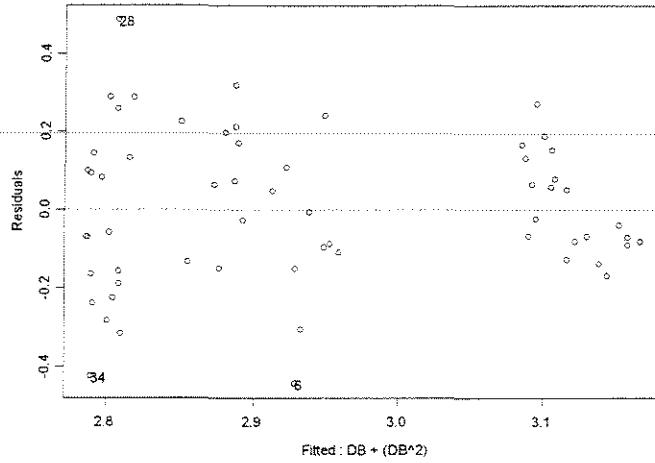
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	0.187072	0.1870722	7.24808	0.009301783
I(DB^2)	1	0.732089	0.7320894	28.36469	0.000001773
Residuals	57	1.471163	0.0258099		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
4.963118 -6.353937 4.479697

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1926399

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.ORDESP1143AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.9631	0.3907	12.7030	0.0000
DB	-6.3539	1.2691	-5.0065	0.0000
I(DB^2)	4.4797	0.9340	4.7960	0.0000

Residual standard error: 0.1926 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.3397
F-statistic: 14.67 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 7.275e-006

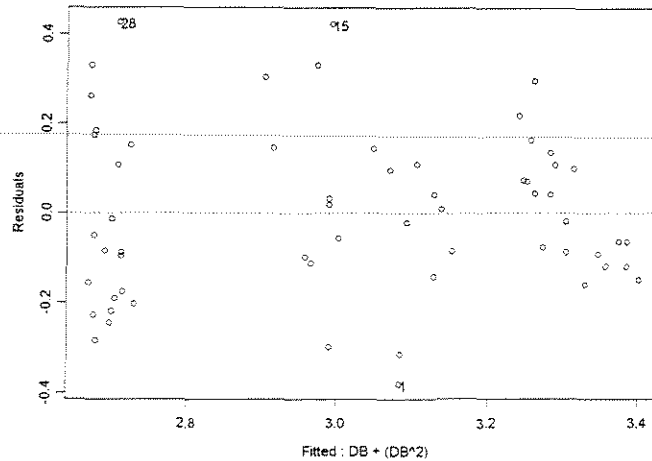
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	0.234840	0.2348402	6.32819	0.01472582
I(DB^2)	1	0.853602	0.8536018	23.00184	0.00001203

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:
(Intercept) DB I(DB^2)
7.013388 -12.89737 9.324536

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1880873

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMD90.0RDESP1524AA30xDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.0134	0.3815	18.3851	0.0000
DB	-12.8974	1.2391	-10.4083	0.0000
I(DB^2)	9.3245	0.9120	10.2246	0.0000

Residual standard error: 0.1881 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.66

F-statistic: 55.33 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 4.43e-014

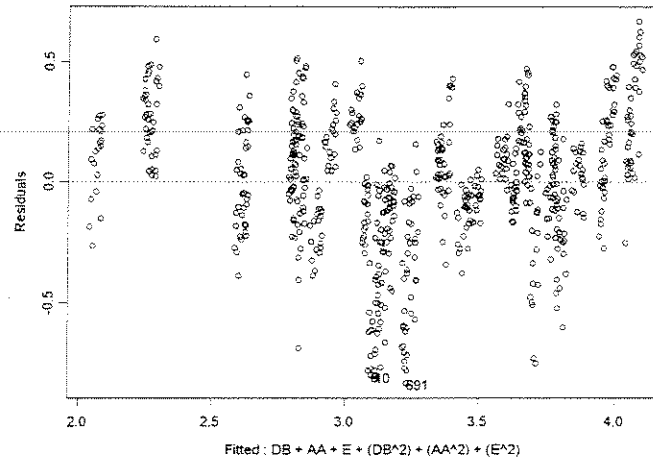
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	0.216314	0.216314	6.1146	0.01641349
I(DB^2)	1	3.698389	3.698389	104.5427	0.00000000
Residuals	57	2.016480	0.035377		

• FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2) + (E^2), data =
  FPMD90.ORDxDENSAESP.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	AA	E	I(DB^2)	I(AA^2)	I(E^2)
1.178511	3.163843	0.7003771	2.348235	-2.070194	-4.389762	-0.7853864

Degrees of freedom: 720 total; 713 residual

Residual standard error: 0.2789185

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + AA + E + (DB^2) + (AA^2) + (E^2), data =
  FPMD90.ORDxDENSAESP.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.1785	0.1896	6.2148	0.0000
DB	3.1638	0.5305	5.9644	0.0000
AA	0.7004	0.5106	1.3717	0.1706
E	2.3482	0.1386	16.9452	0.0000
I(DB^2)	-2.0702	0.3904	-5.3028	0.0000
I(AA^2)	-4.3898	0.7239	-6.0643	0.0000
I(E^2)	-0.7854	0.0716	-10.9679	0.0000

Residual standard error: 0.2789 on 713 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.7788

F-statistic: 418.4 on 6 and 713 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

```

Terms added sequentially (first to last)
      Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
DB     1   4.32763   4.32763   55.628 3.000000e-013
AA     1  81.73057  81.73057 1050.582 0.000000e+000
E      1  94.85206  94.85206 1219.248 0.000000e+000
I(DB^2) 1   2.18757   2.18757   28.119 1.523075e-007
I(AA^2) 1   2.86096   2.86096   36.775 2.149400e-009
I(E^2)  1   9.35835   9.35835  120.294 0.000000e+000
Residuals 713  55.46820   0.07780

```

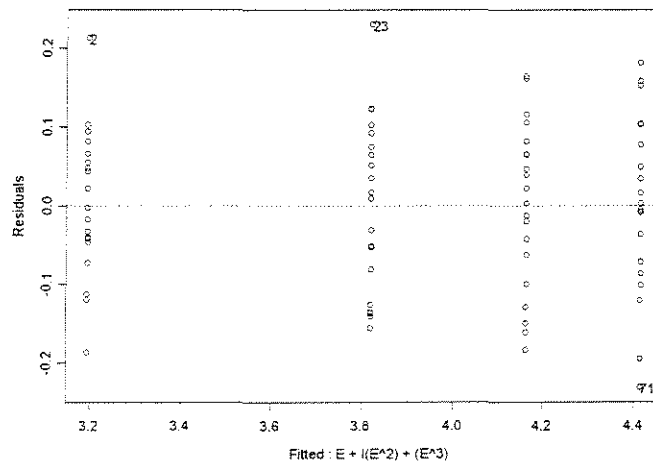
FORÇA PARALELA MÉDIA

CORTE 90°-0° TANGENCIAL

- FORÇA x ESPESSURA DE CORTE

$$\gamma = 10^\circ$$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data = CFPMD90.0TGAA10.LN,
na.action =
na.omit)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      E      I(E^2)      I(E^3)
  2.094452  3.676359 -2.288234  0.5741073

```

```

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual
Residual standard error: 0.1053088

```

```

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data =
CFPMD90.0TGAA10.LN, na.action =
na.omit)

```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.0945	0.1956	10.7077	0.0000
E	3.6764	0.7852	4.6823	0.0000
I(E^2)	-2.2882	0.9104	-2.5133	0.0141
I(E^3)	0.5741	0.3173	1.8091	0.0744

Residual standard error: 0.1053 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9521

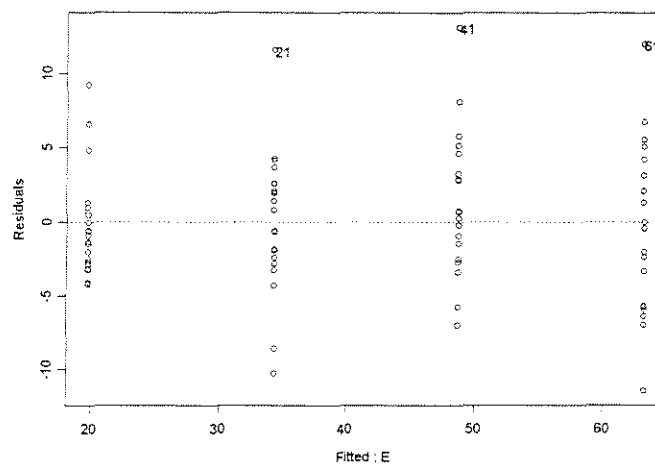
F-statistic: 504 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	16.02547	16.02547	1445.045	0.00000000
I(E^2)	1	0.70724	0.70724	63.773	0.00000000
I(E^3)	1	0.03629	0.03629	3.273	0.07439518
Residuals	76	0.84284	0.01109		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = FPMD ~ E, data = SFPMD90.0TGAA10, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
5.331321	38.01234

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 4.792819

Call: lm(formula = FPMD ~ E, data = SFPMD90.0TGAA10, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.3313	1.3126	4.0618	0.0001
E	38.0123	1.2580	30.2175	0.0000

Residual standard error: 4.793 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9213

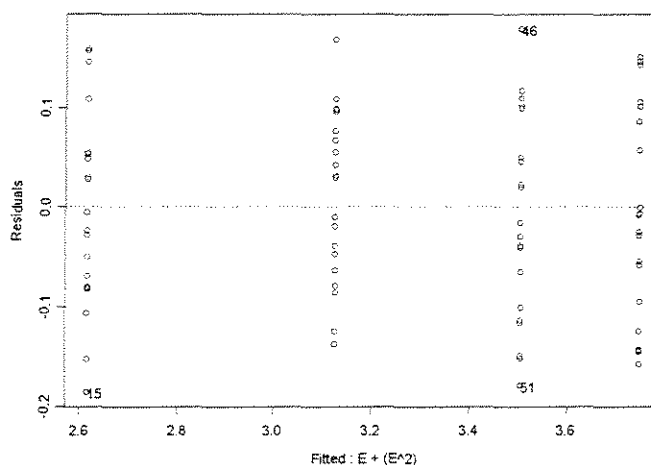
F-statistic: 913.1 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: FPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	20974.86	20974.86	913.0973	0
Residuals	78	1791.75	22.97		

GRANDIS

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA10.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	1.969014	1.867677 -0.4591857

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.09925984

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA10.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.9690	0.0618	31.8669	0.0000

```

      E    1.8677    0.1479    12.6237    0.0000
I(E^2) -0.4592    0.0765    -6.0063    0.0000

```

Residual standard error: 0.09926 on 77 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9508
F-statistic: 744.3 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

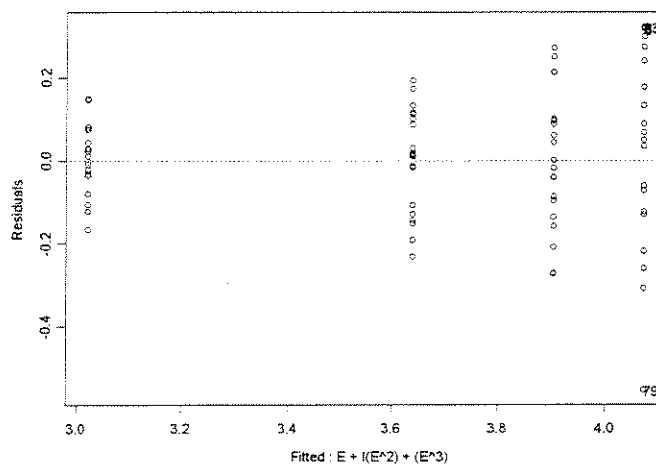
Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.31152	14.31152	1452.575	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.35544	0.35544	36.076	5.880738e-008
Residuals	77	0.75864	0.00985		

$\gamma = 20^\circ$

CITRIODORA



*** Linear Model ***

```

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data = CFPMD90.0TGAA20.LN,
na.action =
na.omit)

```

```

Coefficients:
(Intercept)      E      I(E^2)      I(E^3)
 1.79632  4.232158 -2.959665  0.7629135

```

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual
Residual standard error: 0.1647859

```

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data =
CFPMD90.0TGAA20.LN, na.action =
na.omit)

```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.7963	0.3061	5.8689	0.0000
E	4.2322	1.2286	3.4446	0.0009
I(E^2)	-2.9597	1.4247	-2.0775	0.0411
I(E^3)	0.7629	0.4966	1.5363	0.1286

Residual standard error: 0.1648 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.861

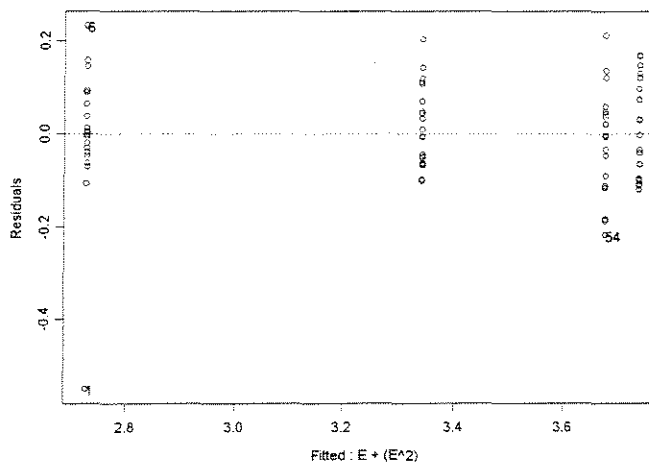
F-statistic: 156.9 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	11.69277	11.69277	430.6029	0.0000000
I(E^2)	1	1.02465	1.02465	37.7344	0.0000000
I(E^3)	1	0.06409	0.06409	2.3603	0.1286132
Residuals	76	2.06373	0.02715		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = SFPMD90.OTGAA20.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	1.843158	2.689723
	-0.9481438	

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1166742

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = SFPMD90.OTGAA20.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8432	0.0726	25.3777	0.0000
E	2.6897	0.1739	15.4665	0.0000
I(E^2)	-0.9481	0.0899	-10.5510	0.0000

Residual standard error: 0.1167 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9246

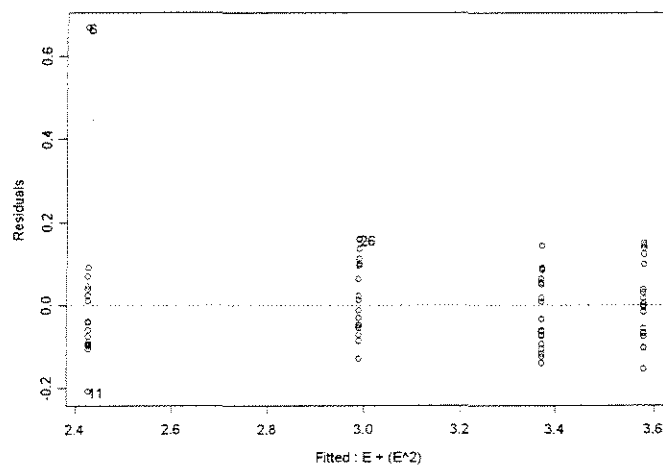
F-statistic: 471.9 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	11.33109	11.33109	832.3815	0.000000e+000
I(E^2)	1	1.51544	1.51544	111.3240	1.110223e-016
Residuals	77	1.04819	0.01361		

GRANDIS

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA20.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)
(Intercept)	1.687602	2.175047
	-0.6124911	

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1163691

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA20.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.6876	0.0724	23.2968	0.0000
E	2.1750	0.1735	12.5398	0.0000
I(E^2)	-0.6125	0.0896	-6.8337	0.0000

Residual standard error: 0.1164 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9365

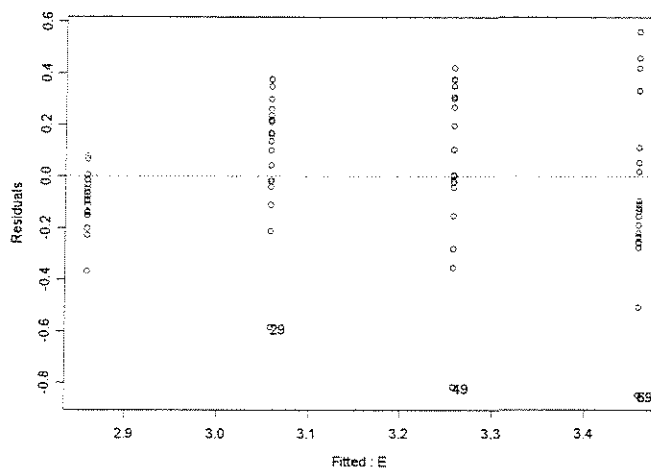
F-statistic: 568.2 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	14.75665	14.75665	1089.714	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.63240	0.63240	46.700	1.713426e-009
Residuals	77	1.04272	0.01354		

 $\gamma = 30^\circ$ **CITRIODORA**

*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ E, data = CFPMD90.0TGAA30.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	E
2.657827	0.5255178

Degrees of freedom: 80 total; 78 residual

Residual standard error: 0.2682997

Call: lm(formula = LNFPMD ~ E, data = CFPMD90.0TGAA30.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.6578	0.0735	36.1723	0.0000
E	0.5255	0.0704	7.4626	0.0000

Residual standard error: 0.2683 on 78 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4166

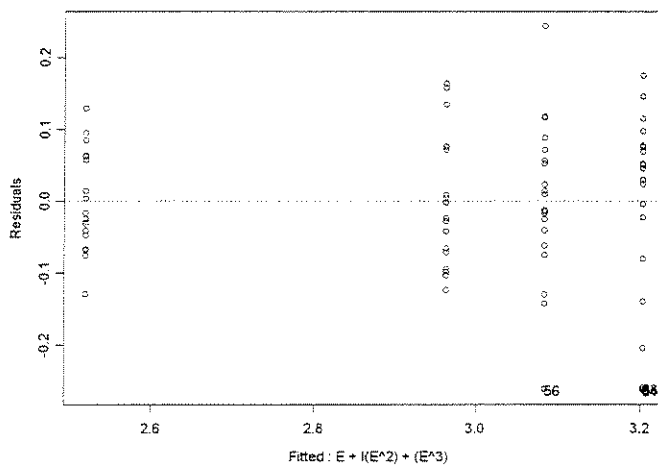
F-statistic: 55.69 on 1 and 78 degrees of freedom, the p-value is 1.026e-010

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.008897	4.008897	55.69094	1.025812e-010
Residuals	78	5.614808	0.071985		

SALIGNA

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data = SFPMD90.0TGAA30.LN,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	E	I(E^2)	I(E^3)
(Intercept)	1.438132	3.951995	-3.28459
			0.9523245

Degrees of freedom: 80 total; 76 residual

Residual standard error: 0.1000578

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + I(E^2) + (E^3), data =
SFPMD90.0TGAA30.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.4381	0.1858	7.7382	0.0000
E	3.9520	0.7460	5.2975	0.0000
I(E^2)	-3.2846	0.8650	-3.7970	0.0003
I(E^3)	0.9523	0.3015	3.1584	0.0023

Residual standard error: 0.1001 on 76 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8756

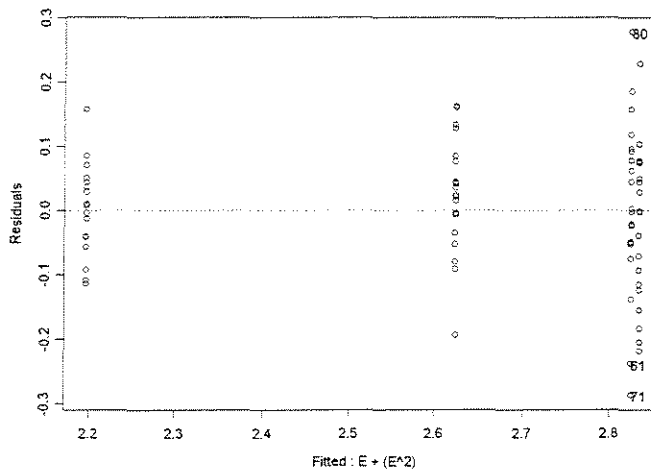
F-statistic: 178.3 on 3 and 76 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.720436	4.720436	471.4986	0.000000000
I(E^2)	1	0.534939	0.534939	53.4321	0.000000000
I(E^3)	1	0.099867	0.099867	9.9752	0.002276709
Residuals	76	0.760879	0.010012		

GRANDIS

*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA30.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	E	I(E^2)
1.55056	1.983131	-0.752566

Degrees of freedom: 80 total; 77 residual

Residual standard error: 0.1075046

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ E + (E^2), data = GFPMD90.0TGAA30.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.5506	0.0669	23.1700	0.0000
E	1.9831	0.1602	12.3761	0.0000
I(E^2)	-0.7526	0.0828	-9.0889	0.0000

Residual standard error: 0.1075 on 77 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8571

F-statistic: 230.9 on 2 and 77 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

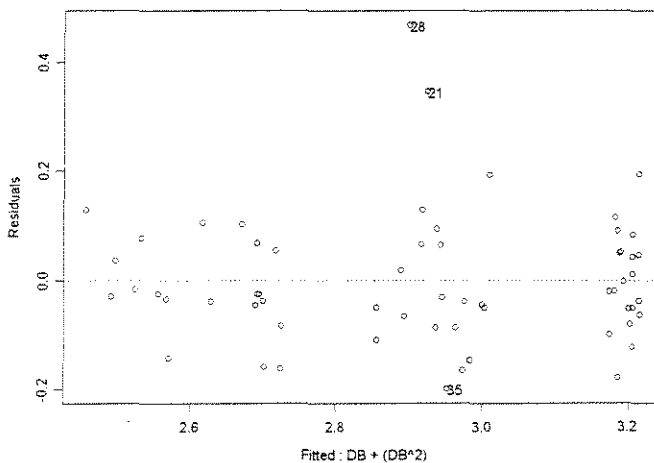
Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
E	1	4.383029	4.383029	379.2454	0.000000e+000
I(E^2)	1	0.954727	0.954727	82.6086	8.082424e-014
Residuals	77	0.889907	0.011557		

• FORÇA x DENSIDADE

$$\gamma = 10^\circ$$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMDDAA10E0381xDENS.LN,
na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

	DB	I(DB^2)
(Intercept)	0.914527	5.384401
	-3.149932	

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1205618

Call: `lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPM DAA10E0381xDENS.LN,`
`na.action =`
`na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.9145	0.2356	3.8812	0.0003
DB	5.3844	0.7536	7.1453	0.0000
I(DB^2)	-3.1499	0.5515	-5.7111	0.0000

Residual standard error: 0.1206 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.809

F-statistic: 120.8 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

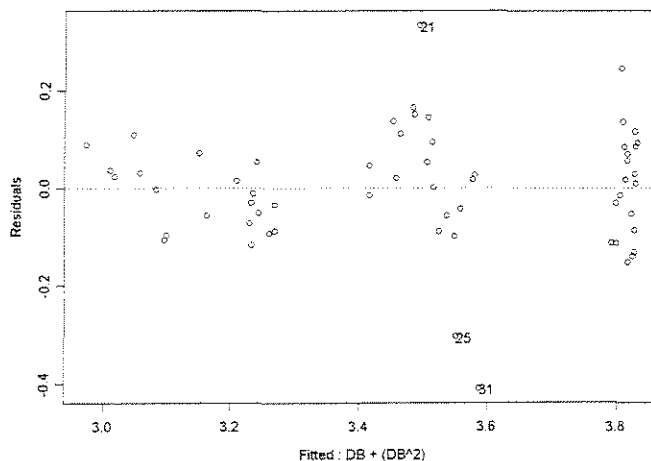
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.036268	3.036268	208.8913	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.474082	0.474082	32.6162	4.255387e-007
Residuals	57	0.828504	0.014535		

ESPESSURA = 0,762mm



*** Linear Model ***

Call:

`lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPM DAA10E0762xDENS.LN,`
`na.action =`
`na.omit)`

Coefficients:

(Intercept)	DB	I(DB^2)
1.285064	5.866912	-3.37633

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.1202405

Call: `lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMDDAA10E0762xDENS.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.2851	0.2350	5.4683	0.0000
DB	5.8669	0.7516	7.8064	0.0000
I(DB^2)	-3.3763	0.5501	-6.1379	0.0000

Residual standard error: 0.1202 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8486
F-statistic: 159.8 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

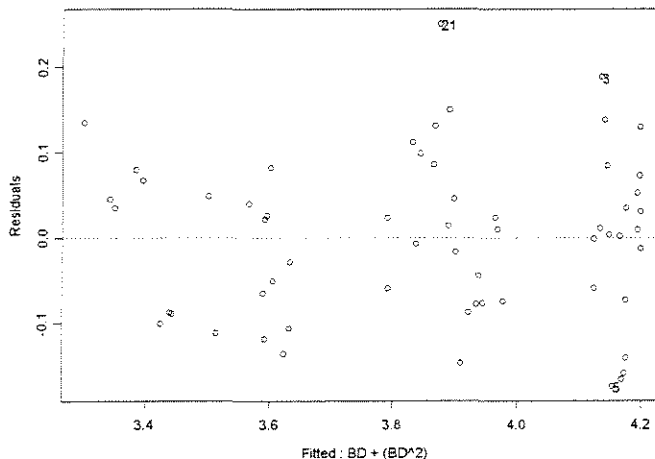
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	4.074882	4.074882	281.8472	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.544679	0.544679	37.6738	8.541979e-008
Residuals	57	0.824093	0.014458		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:
`lm(formula = LNFPMD ~ BD + (BD^2), data = FPMDDAA10E114390.0TGxDENS.LN, na.action = na.omit)`

Coefficients:

(Intercept)	BD	I(BD^2)
-------------	----	---------

1.376741 6.772234 -4.062907

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.0956531

Call: lm(formula = LNFPMD ~ BD + (BD^2), data =
FPMDDAA10E114390.0TGxDENS.LN, na.action
= na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.3767	0.1869	7.3643	0.0000
BD	6.7722	0.5979	11.3272	0.0000
I(BD^2)	-4.0629	0.4376	-9.2846	0.0000

Residual standard error: 0.09565 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8999
F-statistic: 256.2 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

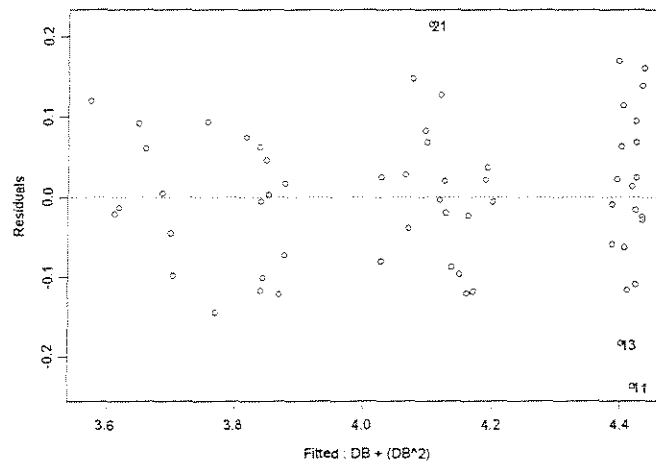
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
BD	1	3.898849	3.898849	426.1263	0.000000e+000
I(BD^2)	1	0.788723	0.788723	86.2038	5.312417e-013
Residuals	57	0.521522	0.009150		

ESPESSURA = 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMDDAA10E152490.0TGxDENS.LN,
na.action
= na.omit)

Coefficients:

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
1.821807 6.118183 -3.580859
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
Residual standard error: 0.09448673

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data =
FPMDDAA10E152490.0TGxDENS.LN, na.action
= na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.8218	0.1847	9.8653	0.0000
DB	6.1182	0.5906	10.3596	0.0000
I(DB^2)	-3.5809	0.4323	-8.2840	0.0000

Residual standard error: 0.09449 on 57 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.8988
F-statistic: 253.1 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

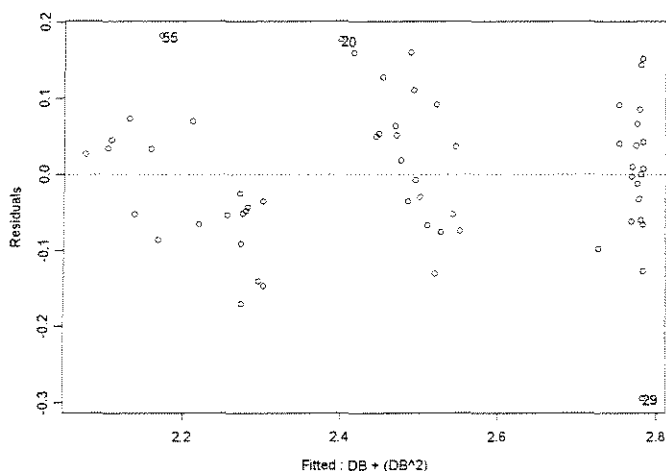
Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	3.906134	3.906134	437.5277	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.612668	0.612668	68.6252	2.323919e-011
Residuals	57	0.508881	0.008928		

$\gamma = 20^\circ$

ESPESSURA = 0,381mm



*** Linear Model ***

```
Call:
lm(formula = V3 ~ DB + (DB^2), data = FPMDDAA30E038190.0TGxDENS.LN,
na.action =
```

```
na.omit)
```

```
Coefficients:
```

```
(Intercept)      DB      I(DB^2)
 0.8296202  4.280746 -2.344965
```

```
Degrees of freedom: 60 total; 57 residual
```

```
Residual standard error: 0.09543773
```

```
Call: lm(formula = V3 ~ DB + (DB^2), data = FPM DAA30E038190.0TGxDENS.LN,
na.action =
  na.omit)
```

```
Coefficients:
```

```
Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.8296  0.1867    4.4444  0.0000
DB           4.2807  0.5971    7.1691  0.0000
I(DB^2)     -2.3450  0.4371   -5.3652  0.0000
```

```
Residual standard error: 0.09544 on 57 degrees of freedom
```

```
Multiple R-Squared: 0.8622
```

```
F-statistic: 178.4 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 0
```

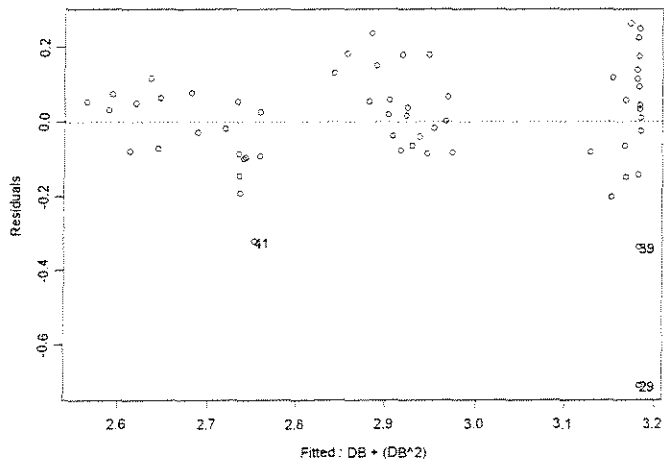
```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: V3
```

```
Terms added sequentially (first to last)
```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.987549	2.987549	328.0007	0.000000e+000
I(DB^2)	1	0.262190	0.262190	28.7857	1.533844e-006
Residuals	57	0.519177	0.009108		

ESPESSURA = 0,762mm



```
*** Linear Model ***
```

```
Call:
```



```
lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data = FPMCAA30E076290.0TGxDENS.LN,
na.action
  = na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB  I(DB^2)
 1.503326  3.630661 -1.96087
```

Degrees of freedom: 60 total; 57 residual

Residual standard error: 0.1606076

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + (DB^2), data =
FPMCAA30E076290.0TGxDENS.LN, na.action
  = na.omit)
```

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.5033	0.3141	4.7857	0.0000
DB	3.6307	1.0048	3.6132	0.0006
I(DB^2)	-1.9609	0.7355	-2.6660	0.0100

Residual standard error: 0.1606 on 57 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.6308

F-statistic: 48.7 on 2 and 57 degrees of freedom, the p-value is 4.64e-013

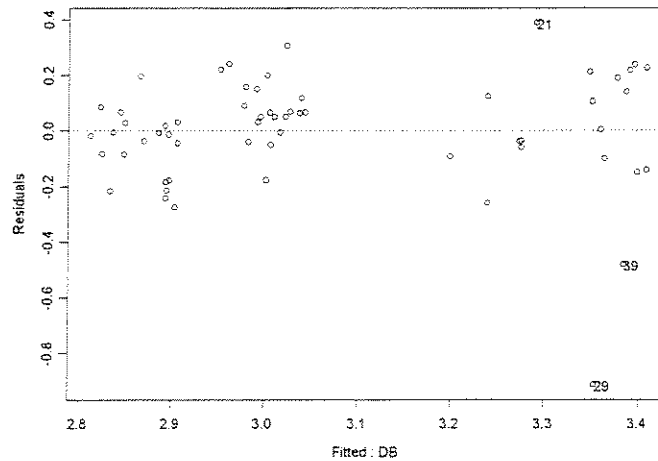
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.328920	2.328920	90.28639	0.000000000
I(DB^2)	1	0.183333	0.183333	7.10737	0.009971158
Residuals	57	1.470304	0.025795		

ESPESSURA = 1,143mm



*** Linear Model ***

Call:

lm(formula = LNFPMD ~ DB, data = FPMCAA30E114390.0TGxDENS.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

(Intercept)	DB
2.454049	0.9842789

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.2020958

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB, data = FPMCAA30E114390.0TGxDENS.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.4540	0.0842	29.1615	0.0000
DB	0.9843	0.1279	7.6980	0.0000

Residual standard error: 0.2021 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.5054

F-statistic: 59.26 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 1.967e-010

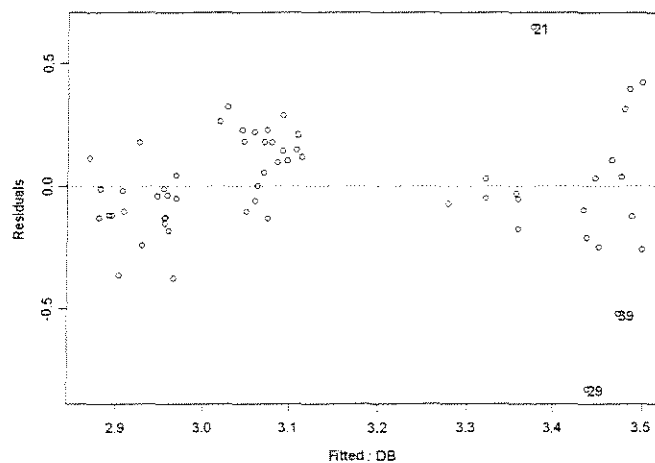
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.420309	2.420309	59.25928	1.967283e-010
Residuals	58	2.368877	0.040843		

ESPESSURA 1,524mm



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ DB, data = FPMDDAA30E152490.OTGxDENS.LN, na.action =
na.omit)
```

Coefficients:

```
(Intercept)      DB
  2.489791  1.040493
```

Degrees of freedom: 60 total; 58 residual

Residual standard error: 0.2369607

```
Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB, data = FPMDDAA30E152490.OTGxDENS.LN,
na.action = na.omit)
```

Coefficients:

```
              Value Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.4898  0.0987    25.2330  0.0000
              DB   1.0405  0.1499     6.9403  0.0000
```

Residual standard error: 0.237 on 58 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.4537

F-statistic: 48.17 on 1 and 58 degrees of freedom, the p-value is 3.692e-009

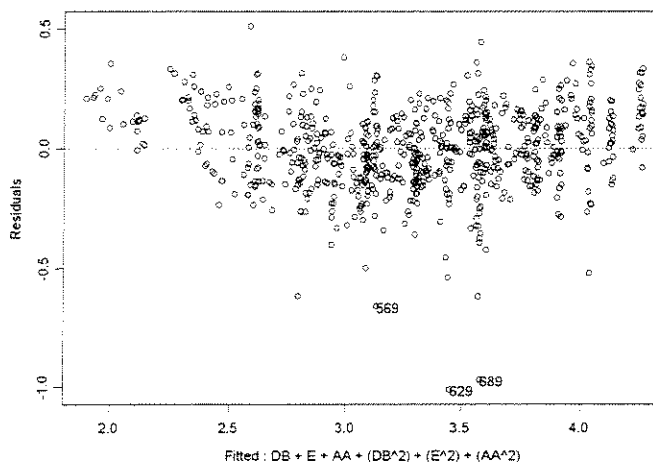
Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	2.704662	2.704662	48.16817	3.69163e-009
Residuals	58	3.256723	0.056150		

FORÇA x (DENSIDADE + ÂNGULO DE ATAQUE + ESPESSURA DE CORTE)



*** Linear Model ***

Call:

```
lm(formula = LNFPMD ~ DB + E + AA + (DB^2) + (E^2) + (AA^2), data =
FPMDD90.OTGxDENSESPAA.LN, na.action = na.omit)
```

Coefficients:

(Intercept)	DB	E	AA	I(DB^2)	I(E^2)	I(AA^2)
0.4616014	4.788795	2.087821	0.9245664	-2.709507	-0.6584463	-4.134523

Degrees of freedom: 719 total; 712 residual

Residual standard error: 0.1711144

Call: lm(formula = LNFPMD ~ DB + E + AA + (DB^2) + (E^2) + (AA^2), data =
 FPMD90.OTGxDENSESPAA.LN, na.action = na.omit)

Coefficients:

	Value	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.4616	0.1134	4.0710	0.0001
DB	4.7888	0.3091	15.4909	0.0000
E	2.0878	0.0851	24.5481	0.0000
AA	0.9246	0.3133	2.9510	0.0033
I(DB^2)	-2.7095	0.2262	-11.9759	0.0000
I(E^2)	-0.6584	0.0440	-14.9777	0.0000
I(AA^2)	-4.1345	0.4442	-9.3068	0.0000

Residual standard error: 0.1711 on 712 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9043

F-statistic: 1121 on 6 and 712 degrees of freedom, the p-value is 0

Analysis of Variance Table

Response: LNFPMD

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
DB	1	36.60617	36.60617	1250.205	0
E	1	91.04994	91.04994	3109.615	0
AA	1	56.04428	56.04428	1914.072	0
I(DB^2)	1	4.17918	4.17918	142.731	0
I(E^2)	1	6.56038	6.56038	224.056	0
I(AA^2)	1	2.53615	2.53615	86.617	0
Residuals	712	20.84745	0.02928		