



MAYARA POLLYANE CALDERARO DA SILVA

**ESTUDO DOS EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE ADITIVOS ESTABILIZADORES À
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DO POLÍMERO ABS**

CAMPINAS

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E DE BIOPROCESSOS

MAYARA POLLYANE CALDERARO DA SILVA

**ESTUDO DOS EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE ADITIVOS ESTABILIZADORES À
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS E
TÉRMICAS DO POLÍMERO ABS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de
Engenharia Química da Universidade Estadual de
Campinas para a obtenção do título de Mestra em
Engenharia Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Rita Morales

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA MAYARA POLLYANE
CALDERARO DA SILVA, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. ANA
RITA MORALES.



Assinatura do Orientador

CAMPINAS

2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

Si38e Silva, Mayara Pollyane Calderaro da, 1988-
Estudo dos efeitos da incorporação de aditivos estabilizadores à radiação ultravioleta sobre as propriedades mecânicas e térmicas do polímero ABS / Mayara Pollyane Calderaro da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Ana Rita Morales.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Termoplásticos. 2. Absorvedores. 3. Estabilizantes. 4. Propriedades térmicas. 5. Propriedades mecânicas. I. Morales, Ana Rita, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Study of the effects of incorporation ultraviolet light stabilizing additives on the mechanical and thermal properties of the ABS polymer

Palavras-chave em inglês:

Thermoplastics

Absorbers

Stabilizers

Thermal properties

Mechanical properties

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Materiais

Titulação: Mestra em Engenharia Química

Banca examinadora:

Ana Rita Morales [Orientador]

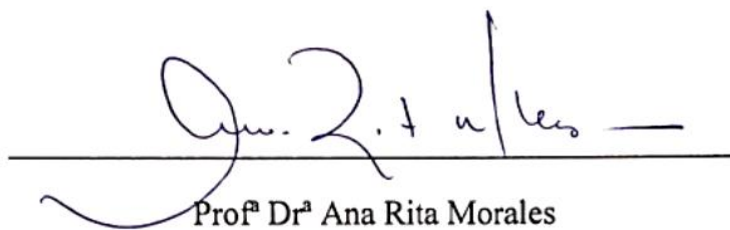
Elisabete Maria Saraiva Sanchez

Paulo Aparecido dos Santos

Data de defesa: 10-06-2014

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química

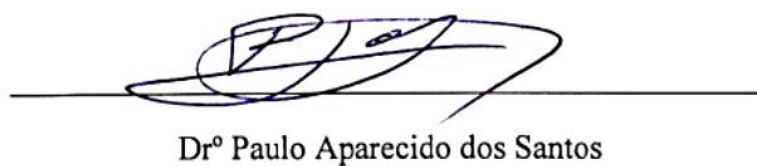
Dissertação de Mestrado defendida por Mayara Pollyane Calderaro da Silva e aprovada em 10 de junho de 2014 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Profª Drª Ana Rita Morales



Profª Drª Elisabete Maria Saraiva Sanchez



Drº Paulo Aparecido dos Santos

“It always seems impossible, until it’s done.”

Nelson Mandela

À Deus,

Por sempre caminhar ao meu lado,

Por me iluminar, me guiar e sempre me abençoar.

Obrigada Senhor!

AGRADECIMENTOS

À todos da empresa SABIC que me ajudaram, me acompanharam e de alguma forma contribuíram com este projeto: André Prezentszky, Lucas Mano, Antônio Martello, Ricardo Kaneko, Paulo Santos, Bruno, Miguel, Alenaldo, Fernando, Vinícius, Daniela, Jeverson, Daniel e Luíza.

Em especial, agradeço ao Paulo Roberto Barboza e ao Edson Simielli os grandes responsáveis pela idealização deste trabalho, obrigada principalmente pelo voto de confiança depositado, pela grande oportunidade e incentivo.

À minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Ana Rita Morales, pela orientação e oportunidade.

À Prof^ª Dr^ª Elisabete Maria Saraiva Sanchez, pela grande ajuda com os testes de intemperismo.

À Luciana da 3M pelos ensaios de DMA.

À minha família científica: Ivanei, Tiago, Patrícia, Aguinaldo, Carol, Ananda, Silvia, Leonardo, Jesus, Ivi, Paulo, Matheus e Rafael.

À minha grande amiga Fernanda Coutinho, por sempre me apoiar, incentivar e animar.

À minha família por toda compreensão, amor e carinho.

Ao meu querido namorado Diego, pela paciência, compreensão, apoio, amizade, companheirismo, carinho e amor.

À todos meu muito obrigada!

RESUMO

Neste estudo, foram preparadas amostras de ABS variando-se as concentrações de um aditivo estabilizador a luz ultravioleta (UV) do tipo HALS (Tinuvin 770), um absorvedor (Cyasorb 5411) e negro de fumo. Um planejamento experimental 2^3 foi realizado para estudar a influência destes aditivos e suas diferentes concentrações nas propriedades de ponto de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD e resistência à tração, antes de realizar ensaios de envelhecimento. O aditivo HALS utilizado apresentou influências negativas sobre algumas propriedades analisadas, sendo a temperatura de amolecimento Vicat a propriedade que mais apresentou perda significativa com o aumento da concentração dos aditivos nas amostras.

Para melhor avaliar este efeito, ensaios de caracterização foram realizados. Os resultados de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise Dinâmico-Mecânica (DMA), apresentaram diminuição na temperatura de transição vítrea (T_g) com o aumento dos aditivos estabilizadores à luz ultravioleta nas formulações, estando estes resultados em concordância com os ensaios de ponto de amolecimento Vicat realizados.

O aditivo Tinuvin 770 tem em sua composição o componente sebacato, $(CH_2)_8$, que pode ser utilizado como plastificante para baixar a T_g dos polímeros. A perda das propriedades acima citadas pode ser devido à presença deste componente no aditivo HALS, Tinuvin 770.

Neste trabalho também foi avaliada a eficiência das diferentes concentrações dos aditivos nas amostras após envelhecimento. As amostras foram submetidas ao envelhecimento acelerado com lâmpadas UVA por 1008 h para análise do desempenho dos aditivos utilizados. Os resultados dos testes mecânicos mostraram que o negro de fumo é bastante efetivo como absorvedor e apresentou boa interação com o aditivo HALS, protegendo o polímero da degradação.

Palavras-chave: termoplásticos, absorvedores, estabilizantes, negro de fumo, propriedades mecânicas, propriedades térmicas.

ABSTRACT

In this study, samples of ABS varying the concentration of a stabilizer additive ultraviolet (UV) type HALS (Tinuvin 770), an absorber (Cyasorb 5411) and carbon black were prepared. An experimental design 2^3 was conducted to study the influence of these additives and their different concentrations in the properties of Vicat softening point, IZOD impact resistance and tensile strength before performing aging tests. The HALS additive had negative influence on some properties, the Vicat softening temperature showed the most significant loss when the concentration of additives was increased in the samples.

To further evaluate this effect, characterization tests were performed. The results of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Dynamic Mechanical (DMA) analysis showed a decrease in the glass transition temperature (T_g), with the increase of the UV light stabilizers in formulations, showing that these results are in agreement with the tests performed for Vicat softening point.

Tinuvin 770 additive has in its composition the component sebacate, $(CH_2)_8$, which can be used as a plasticizer to lower the T_g of polymers. The loss of the aforementioned properties may be due to the presence of this component in the additive HALS Tinuvin 770. In this study it was also evaluated the effectiveness of different concentrations of additives in the samples after aging. The samples were subjected to accelerated aging with UVA lamps by 1008 h to analyze the performance of the additives used. The results of mechanical tests showed that carbon black is very effective as absorber and had good interaction with HALS additive, protecting the polymer from degradation.

Keywords: thermoplastics, absorbers, stabilizers, carbon black, mechanical properties, mechanical thermal.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivos gerais	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Poli(acrilonitrila-butadieno-estireno) – ABS	4
3.2	Degradação de polímeros	6
3.3	Radiação Ultravioleta	9
3.4	Estabilizadores a luz ultravioleta.....	10
3.5	Negro de fumo	14
3.6	Planejamento Experimental.....	15
4.	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	17
4.1	Materiais	17
4.2	Preparação das amostras.....	18
4.2.1	Condições de processamento por extrusão.....	18
4.2.2	Injeção dos corpos de prova.....	19
4.3	Ensaio mecânicos e térmicos	20
4.3.1	Ensaio de resistência à tração.....	20
4.3.2	Ensaio de resistência ao impacto IZOD.....	20
4.3.3	Ensaio de ponto de amolecimento Vicat	20
4.4	Envelhecimento acelerado.....	21
4.5	Caracterização dos materiais	21
4.5.1	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)	22
4.5.2	Análise Termogravimétrica (TGA).....	22
4.5.3	Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)	22
4.5.4	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	23
4.5.5	Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)	23
4.6	Etapas realizadas no projeto.....	23

4.6.1 Etapa I do projeto – Identificação do problema.....	24
4.6.2 Etapa II do projeto - Planejamento experimental..	24
4.7 Teste de Tukey.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1 Resultados da Etapa I	28
5.2 Resultados da Etapa II.....	30
5.2.1 Propriedades mecânicas e térmicas	30
5.2.1.1 Ponto de amolecimento Vicat (Vicat)	30
5.2.1.1.1 Análise estatística – Vicat antes do envelhecimento	31
5.2.1.1.2 Análise estatística – Vicat após envelhecimento.....	34
5.2.1.1.3 Considerações Gerais - Vicat	37
5.2.1.2 Resistência ao impacto IZOD.....	38
5.2.1.2.1 Análise estatística – Impacto IZOD antes do envelhecimento	40
5.2.1.2.2 Análise estatística – Impacto IZOD após envelhecimento.....	42
5.2.1.2.3 Considerações Gerais – Impacto IZOD.....	44
5.2.1.3 Resistência à tração	45
5.2.1.3.1. Limite de resistência.....	45
5.2.1.3.1.1 Análise estatística – limite de resistência antes do envelhecimento.....	47
5.2.1.3.1.2 Análise estatística – limite de resistência após envelhecimento	49
5.2.1.3.1.3 Considerações Gerais – limite de resistência	52
5.2.1.3.2 Alongamento	53
5.2.1.3.2.1 Análise estatística – alongamento antes do envelhecimento	54
5.2.1.3.2.2 Análise estatística – alongamento após envelhecimento.....	56
5.2.1.3.2.3 Considerações Gerais - Alongamento	59
5.2.1.3.3 Módulo de elasticidade.....	60
5.2.1.3.3.1 Análise estatística – módulo de elasticidade antes do envelhecimento.....	61
5.2.1.3.3.2 Análise estatística – módulo de elasticidade após envelhecimento.....	63
5.2.1.3.3.3 Considerações Gerais – Módulo de elasticidade	65
5.2.1.3.4 Considerações Gerais – Resistência à tração.....	66
5.2.2 Caracterização das amostras	67
5.2.2.1 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC).....	67

5.2.2.2	Análise Dinâmico-mecânica (DMA).....	71
5.2.2.3	Análise Termogravimétrica (TGA)	74
5.2.2.4	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).....	78
5.2.2.5	Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM).....	82
6.	CONCLUSÕES	89
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	91
8.	REFERÊNCIAS	92
	APÊNDICE A	96
	APÊNDICE B.....	97
	APÊNDICE C.....	131
	APÊNDICE D	138
	ANEXO I	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da estrutura química do ABS (SIMIELLI & SANTOS, 2010)...	4
Figura 2. Botão de liberação da fivela de cintos de segurança removido (a) e na fivela do cinto (b), ambos de um carro onde foi verificado o problema, Honda Accord 1987 (DUN <i>et al.</i> , 2005).	9
Figura 3. Estrutura do hidroxifenilbenzotriazol (DE PAOLI, 2010).....	12
Figura 4. Mecanismo proposto para a ação de absorvedores UV tipo hidroxifenilbenzotriazol (DE PAOLI, 2010).	12
Figura 5. Estruturas químicas de alguns aditivos do tipo HALS mais utilizados (adaptado de DE PAOLI, 2010)	12
Figura 6. Mecanismo sugerido para a ação estabilizante do HALS (DE PAOLI, 2010)	13
Figura 7. Equipamento de envelhecimento acelerado, ambos os lados com as amostras em suportes durante ensaio de envelhecimento.....	21
Figura 8. Médias e desvios padrão do ponto de amolecimento Vicat	28
Figura 9. Resultados médios e desvios padrão do ponto de amolecimento Vicat.....	31
Figura 10. Gráfico de Pareto para a resposta de Vicat com 95% de confiança.....	32
Figura 11. Gráfico Normal para a resposta de Vicat com 95% de confiança.	33
Figura 12. Superfície de resposta para Vicat em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Tinuvin (b).	33
Figura 13. Gráfico de Pareto para a resposta de Vicat com 95% de confiança, após envelhecimento.....	35
Figura 14. Gráfico normal dos efeitos para a resposta Vicat	36
Figura 15. Superfície de resposta para Vicat em função da concentração de (a)Tinuvin e Cyasorb, (b) negro de fumo e Tinuvin, (c) negro de fumo e Cyasorb.....	37
Figura 16. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de resistência ao impacto IZOD antes e após envelhecimento.....	39
Figura 17. Gráfico de Pareto para a resposta de impacto IZOD com 95 % de confiança.	40
Figura 18. Gráfico normal dos efeitos para a resposta impacto IZOD.....	41
Figura 19. Superfície de resposta para resistência ao impacto IZOD em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Tinuvin (b), negro de fumo e Cyasorb (c).	41

Figura 20. Gráfico de Pareto para a resposta de impacto IZOD com 95 % de confiança, após envelhecimento	43
Figura 21. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de impacto IZOD, após envelhecimento.	43
Figura 22. Superfície de resposta para resistência ao impacto IZOD em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c)	44
Figura 23. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de limite de resistência.	47
Figura 24. Gráfico de Pareto para a resposta de limite resistência com 95% de confiança	48
Figura 25. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de limite de resistência	48
Figura 26. Superfície de resposta para limite de resistência em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b).	49
Figura 27. Gráfico de Pareto para a resposta de limite de resistência com 95 % de confiança, após envelhecimento.....	50
Figura 28. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta limite de resistência	51
Figura 29. Superfície de resposta para limite de resistência em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).	52
Figura 30. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de alongamento	54
Figura 31. Gráfico de Pareto para a resposta de alongamento com 95% de confiança.....	55
Figura 32. Gráfico Normal dos efeitos para a alongamento.....	56
Figura 33. Gráfico de Pareto para a resposta de alongamento com 95 % de confiança, após envelhecimento.....	57
Figura 34. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta alongamento	57
Figura 35. Superfície de resposta para alongamento em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c)	58
Figura 36. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de módulo de elasticidade	61
Figura 37. Gráfico de Pareto para a resposta de módulo de elasticidade com 95% de confiança.	62
Figura 38. Gráfico Normal dos efeitos para o módulo de elasticidade	62
Figura 39. Gráfico de Pareto para a resposta de módulo de elasticidade com 95 % de confiança, após envelhecimento.....	64
Figura 40. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de módulo de elasticidade	64

Figura 41. Superfície de resposta para módulo de elasticidade em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).....	65
Figura 42. Gráfico representativo de resistência à tração das amostras T05C05N03, T125C125N06 e T2C2N09 antes e após o envelhecimento acelerado	66
Figura 43. Curvas de transição vítrea das amostras antes do envelhecimento	68
Figura 44. Curvas de transição das amostras após envelhecimento	68
Figura 45. Curvas de DMA (E', E'' e Tan δ) das amostras antes do envelhecimento.	72
Figura 46. Curvas de DMA (E', E'' e Tan δ) das amostras após o envelhecimento	72
Figura 47. Curvas de variação da massa das amostras antes do envelhecimento.	76
Figura 48. Curvas de variação da massa das amostras após o envelhecimento	76
Figura 49. Espectros de FTIR das amostras não envelhecidas.....	79
Figura 50. Espectros de FTIR da região de 1800 a 950 cm^{-1} das amostras não envelhecidas.	79
Figura 51. Espectros de FTIR das amostras após o envelhecimento.	80
Figura 52. Espectros de FTIR da região de 1800 a 950 cm^{-1} das amostras após o envelhecimento.	80
Figura 53. Micrografia da amostra T05C05N09; (a) antes e (b) após o envelhecimento.	82
Figura 54. Micrografia da amostra T05C2N09; (a) antes e (b) após o envelhecimento.	82
Figura 55. Micrografia da amostra T2C05N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.	83
Figura 56. Micrografia da amostra T2C2N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.	83
Figura 57. Micrografia da amostra T0C0N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.	83
Figura 58. Micrografia da amostra T125C125N09; (a) antes e (b) após o envelhecimento.	83
Figura 59. Micrografia da amostra T0C0N03, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 μm	85
Figura 60. Micrografia da amostra T05C05N09, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 μm	86
Figura 61. Micrografia da amostra T125C125N06, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 μm	87
Figura 62. Micrografia da amostra T2C2N09, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 μm	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resistência do ABS aos principais produtos químicos (adaptado de SIMIELLI & SANTOS, 2010).	6
Tabela 2. Tipos e parâmetros de degradação (adaptado de GIJSMAN, 2011).....	7
Tabela 3. Comprimentos de onda e proporções da radiação solar que atinge a Terra (adaptado de ZWEIFEL,2001).....	10
Tabela 4. Faixas da radiação ultravioleta.	10
Tabela 5. Propriedades típicas do Cicolac G366.	17
Tabela 6. Especificações dos aditivos estabilizadores a luz ultravioleta.....	18
Tabela 7. Perfil de temperatura empregado no processamento por extrusão	19
Tabela 8. Parâmetros do processo de injeção	19
Tabela 9. Porcentagens em massa dos aditivos utilizados na Etapa I	24
Tabela 10. Fatores e níveis do planejamento fatorial 2^3 com ponto central	25
Tabela 11. Concentrações de aditivos das amostras utilizadas no planejamento experimental....	25
Tabela 12. Concentrações de aditivos das amostras de referência.	26
Tabela 13. Amostras estatisticamente diferentes pela análise do teste de Tukey.....	27
Tabela 14. Resultados do ponto de amolecimento Vicat.....	28
Tabela 15. Resultados médios e desvios padrão dos ensaios de resistência ao impacto IZOD e resistência à tração.....	29
Tabela 16. Médias e desvios padrões das análises de ponto de amolecimento Vicat, antes e após envelhecimento acelerado.....	30
Tabela 17. Tabela de Efeitos para a resposta Vicat	32
Tabela 18. Tabela de Efeitos para a resposta Vicat após o envelhecimento	34
Tabela 19. Médias e desvios padrões das análises de resistência ao impacto IZOD, antes e após envelhecimento acelerado.....	39
Tabela 20. Tabela de Efeitos para a resposta de resistência ao impacto IZOD.....	40
Tabela 21. Tabela de Efeitos para a resposta de resistência ao impacto IZOD após envelhecimento.....	42
Tabela 22. Médias e desvios padrões das análises de limite de resistência, antes e após envelhecimento acelerado.....	46

Tabela 23. Tabela de Efeitos para a resposta limite de resistência.....	47
Tabela 24. Tabela de Efeitos para resposta limite de resistência, após envelhecimento.....	50
Tabela 25. Médias e desvios padrões das análises de alongamento, antes e após envelhecimento acelerado.....	53
Tabela 26. Tabela de Efeitos para a resposta de alongamento	55
Tabela 27. Tabela Efeitos para a resposta de alongamento, após envelhecimento	56
Tabela 28. Médias e desvios padrões das análises de módulo de elasticidade, antes e após envelhecimento acelerado.....	60
Tabela 29. Tabela de Efeitos para a resposta de módulo de elasticidade.....	61
Tabela 30. Efeitos para a resposta de módulo de elasticidade, após envelhecimento.....	63
Tabela 31. Propriedades térmicas do ABS não envelhecido	69
Tabela 32. Propriedades térmicas do ABS após envelhecimento	69
Tabela 33. Resultados da variação de temperatura obtidos das curvas de módulo de perda (E'') das amostras antes e após envelhecimento acelerado.....	71
Tabela 34. Resultados de temperatura obtidos dos ensaios de ponto de amolecimento Vicat, das curvas de DSC e das curvas de módulo de perda (E'') do DMA, respectivamente, das amostras antes e após envelhecimento acelerado	71
Tabela 35. Comparação das temperaturas obtidas no ensaio de ponto de amolecimento Vicat, nas curvas de DSC (Tg) e nas curvas de DMA (Tg) das amostras antes do envelhecimento.	73
Tabela 36. Dados de temperatura obtidos pelas curvas de variação de massa e curvas derivadas antes do envelhecimento.....	74
Tabela 37. Dados obtidos pelas curvas de variação de massa e curvas derivadas após o envelhecimento.....	75
Tabela 38. Temperaturas de degradação com perda 5% de massa (T _{5%})	77
Tabela 39. Picos característicos do ABS no FTIR.	78

ABREVIATURAS E NOMENCLATURA

ABS – poli (acrilonitrila – estireno – butadieno)

SAN – poli (estireno – acrilonitrila)

PB – polibutadieno

HALS – (*Hindered Amine Light Stabilizers*) - Estabilizadores de luz de amina estericamente impedida

Radiação UV – radiação ultravioleta

HDPE – polietileno de alta densidade

PP – polipropileno

PS – poliestireno

CP – corpo de prova

ASTM – *American Society for Testing and Material*

T_{5%} - temperatura na qual ocorre perda de 5 % em massa

T_{50%} - temperatura na qual ocorre perda de 50 % em massa

T_g - temperatura de transição vítrea

UV/Vis – Espectroscopia UV/visível

HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência

FTIR – Infravermelho por transformada de Fourier

DSC – Calorimetria Exploratória Diferencial

TGA – Análise Termogravimétrica

DSC - Calorimetria Diferencial Exploratória

SEM – Microscopia eletrônica de varredura

DMA – Análise Dinâmico-mecânica

1. INTRODUÇÃO

O poli(acrilonitrila-butadieno-estireno), ABS, está dentre os materiais mais utilizados pela indústria automobilística, tendo também ampla aplicação na confecção de eletrodomésticos, eletrônicos, e mais recentemente na confecção de cartões telefônicos. É constituído por duas fases, uma vítrea composta pelo copolímero SAN poli(estireno-acrilonitrila) e uma elastomérica, composta pelo poli(butadieno). Esta característica confere ao ABS excelentes propriedades mecânicas e elétricas. No entanto, este terpolímero apresenta baixa resistência à radiação ultravioleta (UV) na presença de oxigênio, que causa modificações químicas irreversíveis como descoloração do mesmo e a formação de uma camada superficial de material fragilizado, afetando também suas propriedades mecânicas (SANCHEZ, 1999; TIGANIS *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2010a).

Para melhorar a foto-estabilidade de vários polímeros a combinação de estabilizadores com absorvedores de luz tem sido amplamente aplicada. Estabilizadores de luz de amina estericamente impedida (HALS – *Hindered Amine Light Stabilizers*) e absorvedores UV, são as duas principais categorias de estabilizadores à luz UV. Os HALS são derivados de 2,2,6,6-tetrametil piperidina e são extremamente eficientes contra luz e a degradação induzida pela radiação. Os três principais tipos de absorvedores UV possuem benzofenona, benzotriazol ou benzotriazina em sua estrutura (JIA *et al.*, 2007).

O sinergismo, antagonismo e efetividade da combinação de aditivos HALS e absorvedores UV têm sido explicados de várias maneiras, e estudados por muitos autores (BIGGER & DELATYCKI, 1989; JIA *et al.*, 2007; ALLEN *et al.*, 1981; SANTOS *et al.*, 2013; BALINT *et al.*, 1979; LIAUW *et al.*, 2004, CHAI *et al.*, 2011). Allen *et al.* (1981) descobriram que o HALS tem um efeito de proteção que inibe a fotólise de absorvedores com benzofenona e benzotriazóis. Kurumada *et al.* (1987), descreveram que o sinergismo destes aditivos ocorre devido a diferentes mecanismos de estabilização de HALS e absorvedores UV, e pode ser explicado pela difusão efetiva de HALS no polímero, que é protegido pelo absorvedor UV em direção a camada superficial onde a fotooxidação ocorre (KURUMADA, *et al.*, 1987; ALLEN *et al.*, 1981).

Muitas pesquisas foram realizadas com o intuito de entender o sinergismo entre a combinação de HALS e absorvedores UV, e também investigar suas consequências sobre as

propriedades mecânicas de alguns polímeros. Porém, não foram encontradas referências de estudos da influência destes aditivos nas propriedades mecânicas e térmicas do polímero ABS antes de realizado o teste de envelhecimento acelerado ou natural. A partir da hipótese de que a incorporação destes aditivos pode influenciar na queda das propriedades de ponto de amolecimento Vicat e resistência ao Impacto IZOD no polímero ABS uma investigação neste sentido é de grande importância.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Os objetivos gerais deste projeto compreendem avaliar os efeitos da incorporação de aditivos estabilizadores à luz UV sobre as propriedades mecânicas e térmicas do polímero ABS, investigando as possíveis causas das perdas destas propriedades antes e após ser realizado o teste de envelhecimento.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste projeto são:

- Avaliar estatisticamente a influência que a combinação destes aditivos UV tem em relação às propriedades de ponto de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD e resistência à tração do polímero ABS antes do envelhecimento.
- Verificar se há interação dos aditivos com o ABS que possam causar perdas nas propriedades mecânicas e térmicas do material.
- Verificar quais aditivos e concentrações dos mesmos são mais significativos para o ABS, impactando em suas propriedades com base em estudos estatísticos.
- Avaliar a eficiência de proteção dos aditivos após teste de envelhecimento acelerado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Poli (acrilonitrila – butadieno – estireno) – ABS

Em 1948 foi introduzido no mercado norte-americano em forma de lâminas pela U.S. Rubber Company, o terpolímero ABS (acrilonitrila/ butadieno/ estireno). Desde então, inúmeros tipos de ABS foram desenvolvidos, tais como: antichama, antiestático, expansível, reforçado com fibra de vidro, para cromação, transparente, resistente ao calor e também blendas (SIMIELLI & SANTOS, 2010).

O ABS recebe o nome particular de terpolímero pelo fato de se formar a partir de três monômeros. É constituído por duas fases, uma fase vítrea composta pelo copolímero SAN poli (estireno - acrilonitrila) e uma fase elastomérica, polibutadieno (PB). O PB é usualmente obtido da polimerização de 1,3-butadieno. A Figura 1. representa a estrutura química do ABS (HU; KAO; DUH, 2008).

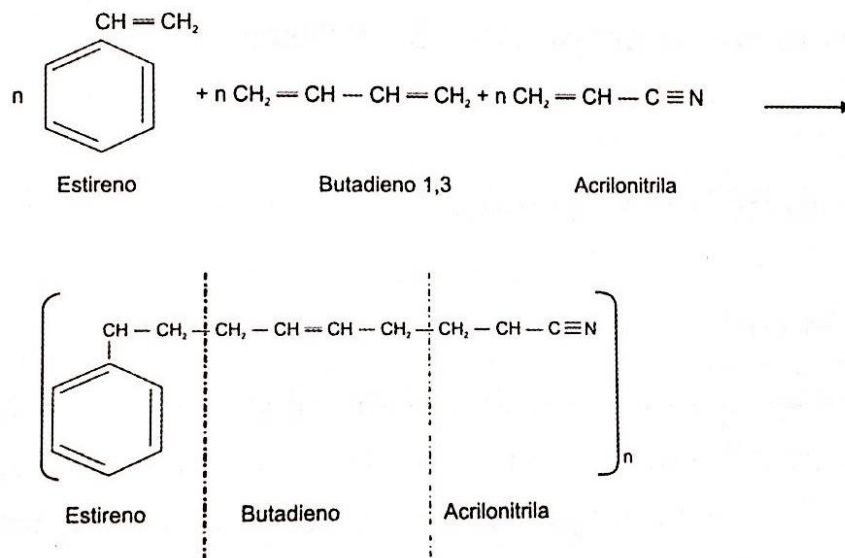


Figura 1. Representação da estrutura química do ABS (SIMIELLI & SANTOS, 2010).

O ABS é um polímero amorfo com temperatura de transição vítrea entre 105 – 115°C da fase vítrea e aproximadamente -90 °C da fase elastomérica, variando de acordo com a porcentagem de seus componentes. Apresenta alta rigidez e dureza até 80°C e altos níveis de

resistência ao impacto podem ser atingidos até a temperatura de -40°C. Cada monômero da resina ABS confere características únicas ao polímero. Como exemplo, a dureza, rigidez e brilho provem das frações de estireno e acrilonitrila; tenacidade à baixas temperaturas, provém do butadieno; resistência química e de envelhecimento, da acrilonitrila. Para melhorar a resistência ao calor, tem sido comum a substituição do monômero estireno por alfa-metil-estireno ou outros comonômeros resistentes ao calor (LPN, 2010; MOORE, 1973).

A principal característica do ABS é sua alta resistência ao impacto, obtida pela incorporação da fase elastomérica além do excelente equilíbrio de propriedades que podem ser obtidos devido à natureza das duas fases, o que confere ao ABS aplicações em uma variedade de segmentos no mercado, tais como, eletrodomésticos, indústria automotiva, telecomunicações, eletrônicos, e equipamentos para escritório (LPN, 2010; MOORE, 1973).

Os dois processos mais importantes para a produção do ABS são:

- Processo químico, ou copolimerização por enxertia, onde o estireno e acrilonitrila são misturados com o polibutadieno a aproximadamente 50 °C. Neste caso, um iniciador, tal como persulfato de potássio, é adicionado ao sistema para polimerizar o estireno e a acrilonitrila. O produto resultante desta operação é uma mistura de polibutadieno, polibutadieno com enxerto de estireno e acrilonitrila e copolímero de acrilonitrila-estireno.

- Processo mecânico, que consiste da mistura mecânica dos componentes em um misturador interno, tipo *Banbury* ou extrusora dupla rosca.

Os copolímeros estireno-acrilonitrila (SAN) são normalmente produzidos pelas técnicas de suspensão ou em solução (SIMIELLI & SANTOS, 2010).

De maneira geral, o ABS tem em sua composição de 20 a 30 % de acrilonitrila, 20 a 30 % de butadieno e cerca de 20 a 60 % de estireno. Sendo que estas porcentagens podem variar de acordo com as propriedades desejadas no produto final (WIEBECK & HARADA, 2005).

Em geral o ABS apresenta uma boa resistência ao ataque químico de algumas substâncias como, álcalis, alcoóis, hidrocarbonetos alifáticos (MOORE, 1973), e é atacado por ácidos nítrico, perclórico, sulfúrico, acético, cloroacético e butírico concentrados (SIMIELLI & SANTOS, 2010). A Tabela 1 apresenta a resistência do ABS aos principais produtos químicos.

Tabela 1. Resistência do ABS aos principais produtos químicos (adaptado de SIMIELLI & SANTOS, 2010).

Produto químico	Resistência do ABS
Ácidos orgânicos diluídos	Boa
Ácidos minerais	Boa
Aldeídos	Ruim
Álcalis	Boa
Alcoóis	Ruim
Cetonas	Ruim
Hidrocarbonetos clorados	Ruim
Hidrocarbonetos aromáticos	Ruim
Hidrocarbonetos alifáticos	Boa
Detergentes (10% solução)	Boa
Concentrados (líquidos)	Ruim
Graxas e óleos	Ruim
Gasolina	Ruim

3.2 Degradação de polímeros

Há vários fatores que podem causar a degradação de polímeros, principalmente causas externas relacionadas com condições ambientais, como oxigênio, umidade, temperatura e radiação ultravioleta (SANTOS *et al*, 2010b).

A degradação de materiais plásticos de uso convencional pode ser considerada como a soma de todos os tipos de envelhecimento que ocorrem durante o ciclo de vida do produto, tanto pela degradação no processo de fabricação quanto pelo envelhecimento do produto durante o uso (BOLDIZAR & MÖLLER, 2003).

Materiais poliméricos estão expostos a tipos de intemperismos ou a solicitações que podem simultaneamente resultar em diferentes formas de iniciação de reações de degradação, o que pode ocorrer durante a produção, processamento e/ou uso do material (DE PAOLI, 2010).

Polímeros com grupos carbonila ou aromáticos, como os polímeros estirênicos, possuem alta capacidade de absorção a radiação UV, sendo, portanto, fotossensíveis. A sensibilidade de polímeros à degradação fotooxidativa sob ação da radiação ultravioleta é correlacionada às

energias de dissociação das ligações químicas do polímero. De acordo com De Paoli (2010) os polímeros podem sofrer degradação devido à exposição a altas temperaturas, de forma que suas ligações químicas podem ser quebradas se uma energia igual ou superior a das ligações for fornecida na forma de aquecimento em um período de tempo curto ou longo. Neste caso, a temperatura de degradação térmica é dependente da energia das ligações químicas das cadeias poliméricas.

A primeira etapa da degradação dos polímeros está relacionada ao rompimento de uma ligação química covalente, na cadeia principal ou lateral. O rompimento destas ligações gera espécies reativas, que na maioria dos casos são radicais livres responsáveis pela propagação do processo de degradação. A iniciação deste processo pode ser causada por calor, luz, radiação de alta energia, ataque químico ou biológico, tensão mecânica entre outros (DE PAOLI, 2010).

Os mais importantes tipos de degradação são apresentados na Tabela 2 (GIJSMAN, 2011).

Tabela 2. Tipos e parâmetros de degradação (adaptado de GIJSMAN, 2011).

Tipo de degradação	Parâmetros determinantes
Térmica	Temperatura
Termo-oxidativa	Temperatura e oxigênio
Fotólise	Luz
Fotooxidação	Luz, oxigênio e temperatura
Hidrólise	Água e Temperatura

Alguns autores afirmam que a degradação fotooxidativa do ABS é devido à fase borrachosa (PB), enquanto outros afirmam que é uma combinação de fenômenos entre o envelhecimento da fase SAN (acrilonitrila-estireno) e a oxidação da fase do componente PB (SANTOS, 2013).

De acordo com Moore (1973), o componente polibutadieno é o mais suscetível à degradação e o mais fraco no envelhecimento do ABS. De acordo com Blom e colaboradores (2006) a fase borrachosa (butadieno) é a mais propensa à degradação oxidativa, devido às duplas ligações presentes em suas cadeias, levando à formação de ligações cruzadas e consequentemente à diminuição da mobilidade de cadeias (BLOM *et al.*, 2006), o que confere ao ABS baixa resistência ao envelhecimento sob radiação solar, apresentando descoloração do mesmo e a

formação de uma camada superficial de material fragilizado, resultando assim numa queda drástica de sua resistência ao impacto e tenacidade (SANTOS *et al.*, 2010a). A transição vítrea do ABS tanto da fase elastomérica quanto da termoplástica também é afetada (SANCHEZ *et al.*, 2003).

Davis *et al.* (2004) sugere que a fotooxidação da fase butadieno pode ser a maior causa da deterioração de propriedades mecânicas no ABS, e a taxa de fotooxidação é proporcional a intensidade de radiação, podendo ser acelerada pela presença de hidroperóxidos residuais formados durante o processamento térmico, no qual podem também se decompor formando outros produtos de degradação e cadeias radicais. Desta maneira torna-se necessária a utilização de alguns aditivos na formulação do polímero, como por exemplo, estabilizadores à luz UV (GALVAN, 2012; MOORE, 1973).

Santos *et al.* (2010a) realizaram testes de envelhecimento sob condições naturais em ABS durante quatro meses em Lisboa, a fim de avaliar a sua estabilidade à radiação ultravioleta. Os autores verificaram que houve um decréscimo drástico do componente butadieno no período de exposição de 15 dias sendo reduzido a 9 % da quantidade inicial. Os resultados indicaram que a degradação é um fenômeno heterogêneo que ocorre inicialmente na superfície do material, e que tende a propagar-se para o interior do mesmo.

Sanchez *et al.* (2003) realizaram testes de envelhecimento térmico e fotooxidativo em ABS. Os resultados mostraram que tanto a fase vítrea quanto a elastomérica, na superfície do mesmo, sofreram degradação, sendo que no envelhecimento térmico a fase SAN foi mais afetada que a fase elastomérica. Já no envelhecimento fotooxidativo a fase borrachosa foi mais afetada em tempos maiores de envelhecimento. As alterações das superfícies foram verificadas e mostraram que os dois tipos de envelhecimentos provocaram diferentes variações na rugosidade.

Em 1995 aconteceu o maior *recall* de automóveis na história da indústria dos Estados Unidos. Aproximadamente $8,8 \times 10^6$ veículos dos modelos produzidos entre 1986 a 1991 foram afetados, incluindo as montadoras Honda, Nissan, Mazda, Ford, GM, Chrysler entre outras. De acordo com Henshaw *et al.* (1998), a causa foi a degradação fotooxidativa do polímero ABS utilizado para a fabricação dos botões de liberação (PRESS) da trava dos cintos de segurança (Figura 2), podendo causar mau funcionamento dos mesmos como: o cinto não trancar; o cinto travar e não desbloquear ou o cinto parecer travado quando não está, criando desta forma um risco de segurança. Este incidente não resultou em *recall* formal, porém a Takata Corporation,

fornecedora dos cintos de segurança, e as montadoras afetadas concordaram em realizar um *recall* voluntário dos veículos.

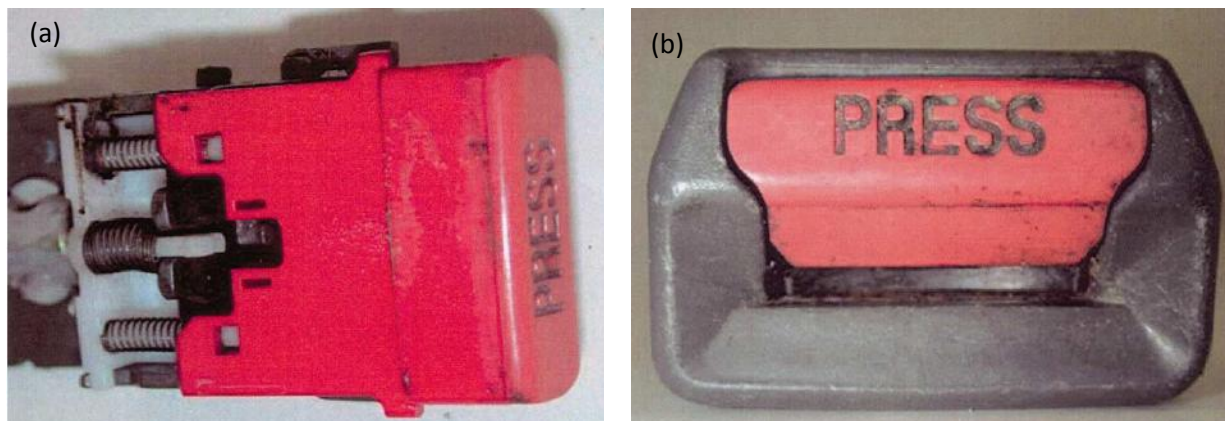


Figura 2. Botão de liberação da fivela de cintos de segurança removido (a) e na fivela do cinto (b), ambos de um carro onde foi verificado o problema, Honda Accord 1987 (DUN *et al.*, 2005).

Segundo os pesquisadores, a falha do botão de liberação envolveu uma combinação de danos causados por baixo impacto (no caso, o impacto causado ao travar ou tentar travar/destravar os cintos de segurança) e devido a degradação fotooxidativa do material, pelos efeitos combinados da radiação e oxidação. Muitas reações químicas envolvem a formação de radicais livres e a incorporação de oxigênio nas moléculas poliméricas e estas reações também podem ser autocatalíticas.

3.3 Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) é um fator bastante efetivo na degradação de materiais orgânicos através da fotooxidação e decisivo em relação ao tempo de vida de polímeros, especialmente os que são expostos ao tempo. As modificações químicas causadas no polímero pela radiação UV são irreversíveis, afetando também as propriedades mecânicas do material (SANCHEZ *et al.*, 1999). De acordo com Zweifel (2001) esta radiação emitida pelo sol atinge as camadas externas da atmosfera terrestre, e apresenta um espectro de energia contínua no comprimento de onda entre a região de 0,7 e aproximadamente 3000 nm. Na passagem através da atmosfera, parte da radiação de comprimento de onda longo é absorvida pelo vapor de água e

dióxido de carbono. Finalmente, apenas parte do comprimento de onda curto da radiação UV atinge a superfície da Terra, sendo esta parte a radiação entre 290 e 400 nm. A radiação UV responsável pela degradação de polímeros representa apenas aproximadamente 6 % do total da radiação, conforme apresentado na Tabela 3 (ZWEIFEL, 2001).

As três faixas de radiação ultravioleta são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3. Comprimentos de onda e proporções da radiação solar que atinge a Terra (adaptado de ZWEIFEL, 2001).

Tipo de radiação	Comprimento de onda (nm)	Intensidade (W/m²)	Proporção %
Ultravioleta	280 - 400	5 - 36	6,1
Visível	400 - 800	56 - 41	51,8
Infravermelho próximo	800 - 1400	156 - 65	29,4
Infravermelho distante	1400 - 3000	44 - 15	12,7

Tabela 4. Faixas da radiação ultravioleta.

Tipo de radiação	Comprimento de onda (nm)
UV-A	315 - 400
UV-B	290 - 315
UV-C	< 290

3.4 Estabilizadores a luz ultravioleta

Muitas resinas poliméricas sofrem fotooxidação, um resultado combinado da ação da luz e oxigênio. Com intuito de inibir ou retardar este tipo de degradação, foram desenvolvidos os estabilizadores de luz ou estabilizadores UV. Estes interferem no processo químico ou físico da degradação polimérica induzida pela radiação ultravioleta (ZWEIFEL, 2001).

As classes mais importantes de estabilizadores UV são: 2-hidroxibenzofenonas, 2-hidroxifenilbenzotriazóis, compostos orgânicos de níquel, e aminas estericamente impedidas (HALS- *Hindered Amine Light Stabilizers*). Sendo que os estabilizadores HALS apresentam

considerável superioridade sobre as outras classes de estabilizadores de luz disponíveis (ZWEIFEL, 2001).

Estes aditivos fotoestabilizantes podem ser divididos em quatro categorias, de acordo com seu modo de ação, sendo estas:

Absorvedores de UV, que atuam essencialmente na absorção da energia ultravioleta prejudicial dissipando-a em forma de energia térmica (calor);

Filtros, que filtram a energia emitida no comprimento de onda que causa reações químicas na superfície dos polímeros;

Supressores de estado excitados (do inglês *Quencher*) que transferem a energia absorvida pelos cromóforos presentes no polímero e dissipa-os como calor, radiação fluorescente ou fosforescente de forma eficiente para evitar a degradação; e

HALS – Em estabilizadores de luz de aminas estericamente impedidas, a ação estabilizante é ativada por uma reação fotoquímica, sendo que seu mecanismo é auto-regenerativo (DE PAOLI, 2010; ZWEIFEL, 2001).

Para atingir alto desempenho do polímero, geralmente são utilizados dois tipos de aditivos anti UV juntos (KURUMADA *et al.*, 1987). Neste trabalho será utilizada a combinação de dois estabilizadores, um absorvedor derivado do hidroxifenilbenzotriazol e um HALS, sendo bastante comum a combinação destes na literatura.

O mecanismo de absorção de luz UV do hidroxifenilbenzotriazol pode ser explicado pela formação de um estado excitado e o decaimento da espécie que se forma para o estado fundamental, por uma reação térmica que não afeta o polímero. Desta maneira, ocorre a formação de formas mesoméricas que absorvem a luz para gerar um estado excitado. As Figuras 3 e 4 representam a estrutura e o mecanismo de ação proposto de absorvedores UV do hidroxifenilbenzotriazol, respectivamente. A indicação (a) na Figura 4 representa a espécie que se forma no estado excitado e decai para o estado fundamental. Todas as moléculas que atuam como absorvedores UV possuem forte absorção na região de comprimento de onda entre 230 e 330 nm (DE PAOLI, 2010).

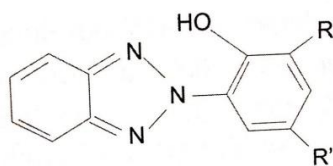


Figura 3. Estrutura do hidroxifenilbenzotriazol (DE PAOLI, 2010).

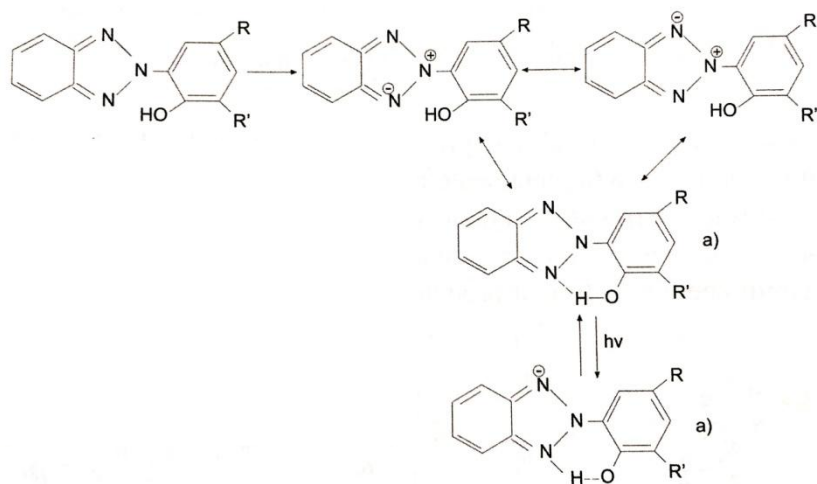


Figura 4. Mecanismo proposto para a ação de absorvedores UV tipo hidroxifenilbenzotriazol (DE PAOLI, 2010).

Estabilizadores à luz do tipo HALS representam o maior avanço na estabilização de polímeros contra a radiação ultravioleta. A Figura 5 representa algumas estruturas mais conhecidas e utilizadas do HALS.

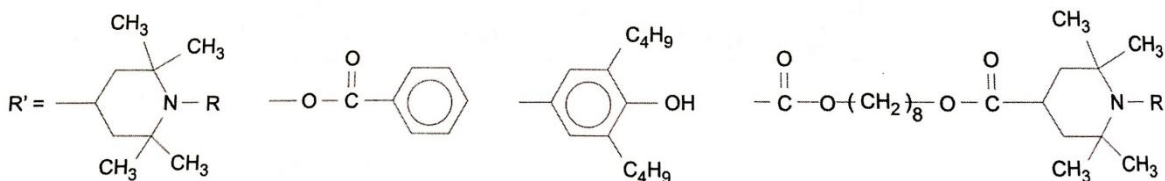


Figura 5. Estruturas químicas de alguns aditivos do tipo HALS mais utilizados (adaptado de DE PAOLI, 2010).

A grande maioria destes estabilizadores é de alta massa molar, possuindo baixo coeficiente de difusão na matriz polimérica. Os quatro grupos metila nos carbonos adjacentes à amina exercem o impedimento estérico sobre a função da mesma.

A Figura 6 representa uma das propostas para o mecanismo de reação do HALS, onde a espécie ativa é gerada pela ação da luz, sendo regenerada em cada ciclo da reação. Na proposta de mecanismo apresentada, a formação de nitroxila ocorre pela ação da luz na presença de oxigênio, sendo regenerada pela reação do produto final com radicais peroxila. O que proporciona estabilidade ao radical nitroxila é o impedimento estérico exercido pelos grupos metila. Contudo, ainda há controvérsia a respeito do mecanismo de atuação destes fotoestabilizantes (DE PAOLI, 2010).

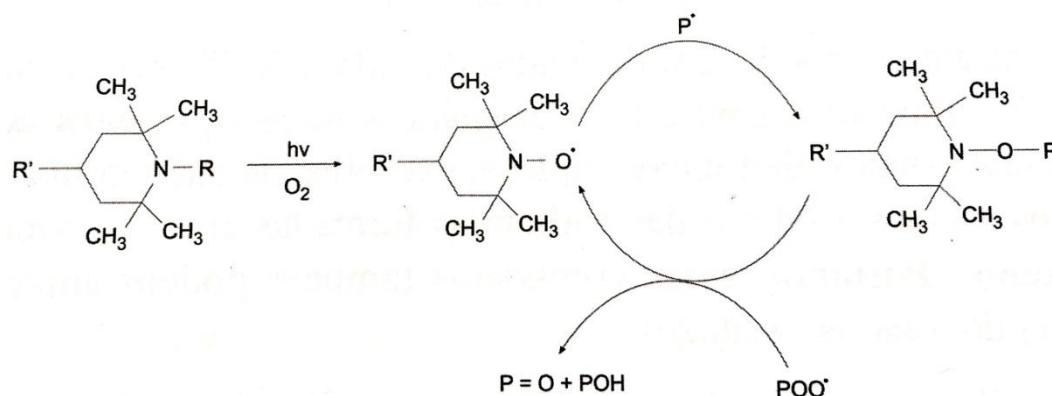


Figura 6. Mecanismo sugerido para a ação estabilizante do HALS (DE PAOLI, 2010).

De acordo com Kurumada *et al.* (1987), os absorvedores UV protegem os polímeros absorvendo a radiação UV prejudicial de comprimento de onda acima de 290 nm dissipando-a em forma de energia inofensiva. Já o HALS participa de várias reações que inibem a fotooxidação dos polímeros, sendo conhecido também como estabilizador multifuncional. Os pesquisadores investigaram a relação entre a composição da mistura de HALS e absorvedores UV e sua eficiência fotoestabilizante em quatro polímeros: HDPE (polietileno de alta densidade), ABS, PP (polipropileno) e PS (poliestireno). Um alto nível de sinergismo foi observado em PP, HDPE e ABS. A eficiência máxima foi observada a proporções de mistura de HALS e absorvedores UV de 75:25 em PP e HDPE, 90:10 em ABS e 80:20 em PS. Bigger e Delatycki

(1989) verificaram que a combinação de um absorvedor UV e HALS aumenta a fotoestabilidade de HDPE.

Santos *et al.* (2013) estudaram a efetividade de diferentes estabilizantes e antioxidantes, Tinuvin P® (2-(2-H-benzotriazol-2-il)-p-cresol), Chimassorb 119 FL® (1,3,5-triazina-2,4,6-triamina, N,N''-[1,2-etanodiilbis[[[4,6-bis-[butil(1,2,2,6,6-pentametil-4-piperidinil) amino]-1,3,5-triazina-2-il]amino]-3,1-propanediil]] bis[N',N''-dibutil-N',N''-bis(1,2,2,6,6-pentametil-4-piperidinil)], Irganox 1076® (Octadecil-3-(3,5-di-terc.butil-4-hidroxifenil)-propionato) e Irgafos 168® (Tris(2,4-di-terc-butilfenil)fosfato), incorporados no ABS sendo submetidos a testes de envelhecimento natural e acelerado. As análises foram realizadas através das técnicas de espectroscopia de UV/ Visível (UV/Vis) e cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Verificaram que no envelhecimento acelerado o comportamento das amostras que continham estabilizadores a luz UV e antioxidantes foi similar, e a combinação de ambos apresentou sinergismo efetivo para a proteção do ABS contra a degradação fotooxidativa. Nos testes de envelhecimento natural a combinação dos estabilizadores e antioxidantes induziu a diminuição da taxa de oxidação no estágio inicial do processo de degradação. Contudo, as amostras com e sem antioxidantes foram similares a maiores períodos de exposição.

Jia *et al.* (2007) estudaram o efeito da combinação de HALS e absorvedores UV na proteção do PP contra a radiação UV. Os pesquisadores concluíram que o absorvedor UV utilizado é eficaz para prevenir a degradação induzida pela radiação UV no polímero. Porém, a combinação deste absorvedor com HALS geralmente mostra um antagonismo, e que algumas reações ainda desconhecidas entre os dois aditivos diminui sua eficácia estabilizadora.

3.5 Negro de fumo

O negro de fumo é formado pela combustão incompleta de muitas substâncias orgânicas: sólida, líquida, ou gasosas. Sua produção é tão simples que já era conhecida na antiguidade. Os chineses e hindus usavam negro de fumo como um corante em tintas no terceiro século d.C. (DONNET & VOET, 1976).

Segundo Donnet e Voet (1976) o termo genérico “*carbon black*” refere-se a um grupo de produtos industriais consistindo de *furnace black*, *channel blacks*, *thermal blacks*, e *lampblacks*. O negro de fumo é um material composto essencialmente de carbono na forma de partículas

esféricas de tamanhos coloidais, principalmente coalescidas em partículas agregadas obtidas pela combustão parcial ou decomposição térmica de hidrocarbonetos.

Industrialmente, o negro de fumo é produzido por cinco processos que refletem nas características de formação das partículas do carbono. *Furnace black* são produzidos por um processo *furnace* (processo fornalha), em um forno com combustão parcial de hidrocarbonetos. A produção de *channel blacks* por *channel* (processo de canal) é pela difusão das chamas de gás natural incidindo em uma superfície metálica, canais de ferro. É um processo de combustão parcial não confinada, e o negro de fumo uma vez formado é exposto a uma atmosfera oxidativa a temperatura elevada por um tempo para oxidar sua superfície. *Thermal blacks* de produção *thermal* (processo de termodecomposição) são formados na ausência de ar por termodecomposição de gás natural, neste processo não há o envolvimento direto da chama como no *furnace* e *channel*, onde o processo envolve a liberação de chamas de partículas de carbono. O *acetylene black*, é um tipo especial de *thermal black*, onde é produzido pela decomposição exotérmica do acetileno. *Lampblack* são formados por um processo aberto de queima de hidrocarbonetos. *Lamp* é o processo mais antigo de produção de negro de fumo e era usado pelos antigos para obtenção de seus pigmentos pretos, este consiste da queima de óleos, resíduos de carvão de hulha ou outros materiais carbonáceos (DONNET & VOET, 1976; MANTELL, 1976).

A proteção de plásticos dos efeitos da luz ultravioleta também pode ser alcançada através da adição de negro de fumo e outros pigmentos. Porém, não são considerados estabilizadores de luz, sendo discutidos principalmente como corantes (ZWEIFEL, 2001). O negro de fumo é basicamente um pó de coloração preta que apresenta diversas propriedades, tais como, pigmentação em termoplásticos, agente de reforço em borracha vulcanizada e absorvedor de UV, e por isto seu efeito não pode ser negligenciado quanto à proteção de polímeros. Há diversos tipos de negro de fumo, variando sua área superficial, tamanho de partículas e estruturas, cada tipo de negro de fumo pode interagir de forma diferente quando associado a outros aditivos nas formulações de um polímero (DE PAOLI, 2010; CABOT, 2014).

3.6 Planejamento Experimental

O planejamento de experimentos é baseado em princípios estatísticos, e sua utilização visa melhorar ou otimizar sistemas, produtos e processos ou simplesmente para avaliar os efeitos

ou impactos que os fatores têm na resposta desejada minimizando o número de experimentos e seus custos sem perder a confiabilidade dos resultados. A metodologia do planejamento fatorial associada à análise de superfícies de respostas é uma ferramenta com fundamentos estatísticos capaz de fornecer informações seguras sobre o processo, minimizando o empirismo de técnicas de tentativa e erro (BOX *et al.*, 1978 apud RODRIGUES, 2009). Esta metodologia foi proposta por Box na década de 50, porém, somente nos últimos anos ela tem sido utilizada mais frequentemente. Para que esta metodologia atinja os objetivos esperados, é necessária uma combinação entre o processo, a estatística e o bom senso, tanto na montagem do planejamento experimental quanto na análise estatística e estratégica dos resultados, uma vez que o uso desta metodologia sem prévios conhecimentos pode gerar grandes riscos e levar o usuário a perigosas interpretações.

O planejamento de experimentos deve ser realizado para determinar, e/ou quantificar, a influência que as variáveis exercem sobre a resposta desejada, sendo indispensável para se obter resultados confiáveis e análises estatísticas consistentes. A grande vantagem do planejamento é a redução de experimentos ou repetições e a melhora na qualidade das informações obtidas pelos resultados (RODRIGUES & IEMMA, 2009).

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Materiais

O ABS utilizado neste estudo é da marca Cycolac® G366, cujas especificações são apresentadas na Tabela 5, produzido e fornecido pela empresa SABIC. A ficha técnica é apresentada no Anexo I.

Tabela 5. Propriedades típicas do Cycolac G366.

Propriedades	Valor	Método
Densidade	1,05 g/cm ³	ISO 1183
Índice de fluidez - MFR (220 °C/10,00 Kg)	8 g/10 min	ISO 1133
Temperatura de amolecimento Vicat, B/120	108 °C	ISO 306
Resistência à tração	40 MPa	ISO 527
Módulo de elasticidade	2600 MPa	ISO 527
Alongamento	15 %	ISO 527

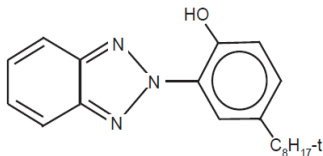
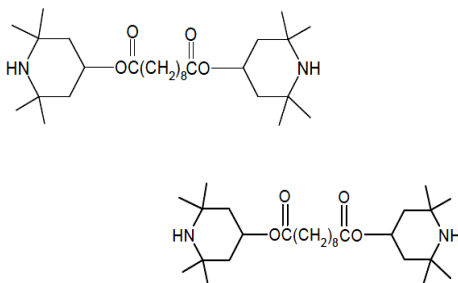
O negro de fumo utilizado, Monarch® 800, é produzido pela empresa Cabot, e foi fornecido para este estudo pela empresa SABIC.

Foram utilizados dois tipos de aditivos estabilizadores à luz UV, cujas especificações são apresentadas na Tabela 6.

O absorvedor de luz Cyasorb 5411 (2-(2-Hidroxi-5-t-octilfenil)-benzotriazol), produzido pela Cytec e um estabilizador de luz de amina estericamente impedida (HALS – *Hindered Amine Light Stabilizers*), Tinuvin 770 (bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil)sebacato), produzido pela BASF e ambos fornecidos pela empresa SABIC.

As fichas técnicas de todos os aditivos, negro de fumo, Cyasorb 5411 e Tinuvin 770 são apresentadas no Anexo I.

Tabela 6. Especificações dos aditivos estabilizadores a luz ultravioleta.

Características	Cyasorb 5411	Tinuvin 770
Nome químico	2-(-2-hidroxi-5-t-octilfenil)-benzotriazol	Bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil)sebacato
Estrutura química		
Massa Molar	323 g/mol ⁻¹	481 g/mol
Densidade	1,8 g/cm ³	1,05 g/cm ³
Ponto de fusão	103,0 - 105,3 °C	81,0 - 85,0 °C

4.2 Preparação das amostras

Este projeto consiste de duas etapas, que serão explicadas adiante, ambas com condições de processamento por extrusão e injeção dos corpos de prova (CPs) conforme descritos a seguir.

4.2.1 Condições de processamento por extrusão

O processamento por extrusão foi realizado no Laboratório de Desenvolvimento de Polímeros da empresa SABIC, em Campinas, utilizando-se uma extrusora de dupla-rosca co-rotacional (Krup Werner & Pfleiderer Ramsey, modelo ZSK – 30), com rotação da rosca de 340 rpm, com vazão de 23 Kg/h e torque de 20 – 23 %. O perfil de temperatura utilizado é apresentado na Tabela 7.

As condições do processamento por extrusão foram definidas com base na literatura e na experiência de processamento da empresa SABIC.

Tabela 7. Perfil de temperatura empregado no processamento por extrusão

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temp.(°C)	-	165	205	220	-	255	245	250	250

*Temperaturas aproximadas

**As zonas na qual não aparecem valores de temperatura estavam desligadas quando realizada a extrusão.

O resfriamento do material foi feito sob imersão em água a temperatura ambiente. Após extrudado, o material foi granulado (em forma de *pellets*) em moinho de facas.

4.2.2 Injeção dos corpos de prova

A injeção dos corpos de prova para ensaios de resistência à tração, resistência ao impacto IZOD e Ponto de amolecimento Vicat, foi realizada no Laboratório de Desenvolvimento de Polímeros da empresa SABIC, utilizando-se uma injetora PIC 140. Os parâmetros utilizados no processo de injeção são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Parâmetros do processo de injeção.

Parâmetro de Processo	Valor	Unidade
Perfil de temperatura	215 - 200	°C
Velocidade de dosagem	55	%
Pressão de Injeção	30-40	bar
Pressão de recalque	55 - 50	bar
Tempo de recalque	3,5 - 4	s
Tempo de resfriamento	22 - 25	s
Velocidade de injeção	25	%
Velocidade de dosagem	55	%

*Secagem por 4 horas a 100°C

4.3 Ensaaios mecânicos e térmicos

Antes da realização dos ensaios de resistência a tração, resistência ao impacto IZOD e Vicat, os corpos de prova foram acondicionados por 24 horas com temperatura de 25 °C e 50 % de umidade relativa.

4.3.1 Ensaio de Resistência à Tração

Os ensaios de resistência à tração foram realizados em um equipamento Kratos Equipamentos modelo IKCL3 no Laboratório da Qualidade da empresa SABIC, com célula de carga de 2000 kgf, de acordo com a norma ISO 527. A velocidade de ensaio foi de 50 mm/min., a 25 °C e umidade relativa de 50 %. Foram utilizados 5 corpos de prova para as amostras naturais e 7 corpos de prova para as amostras envelhecidas.

4.3.2 Ensaio de Resistência ao Impacto IZOD

Os ensaios de impacto IZOD com entalhe foram realizados em um equipamento TMI, de acordo com a norma ISO 180, no Laboratório da Qualidade da empresa SABIC, utilizando um pêndulo de 2,72J a temperatura ambiente. Foram utilizados 5 corpos de prova das amostras antes do envelhecimento e 8 CPs das amostras envelhecidas, do tipo barra de espessura de 4 mm. Os entalhes nos corpos de prova foram realizados no equipamento Tinius Olsen modelo 899.

4.3.3 Ensaio de ponto de amolecimento Vicat

Os ensaios de Vicat foram realizados no equipamento Tinius Olsen modelo HD94/398, no Laboratório da Qualidade da empresa SABIC, de acordo com a norma ISO 306 método B, que consiste de peso de 5 Kg a uma taxa de aquecimento de 2 °C/min. Utilizou-se 5 corpos de prova para as amostras antes e após envelhecimento.

4.4 Envelhecimento acelerado

O ensaio de envelhecimento acelerado foi realizado segundo norma ASTM G154, em equipamento específico de radiação UV desenvolvido no Laboratório de Resíduos da Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP (FELISBERTI *et al.*, 2002), Figura 7. O ensaio foi realizado por um período de 6 semanas (1008 h) de acordo com o ciclo 4 descrito na norma no Apêndice X2, lâmpada fluorescente UVA, irradiação 1,55 W/m²/nm, comprimento de onda 340 nm com exposição de 8 h de radiação a 70 °C e 4 h de condensação a 50 °C.

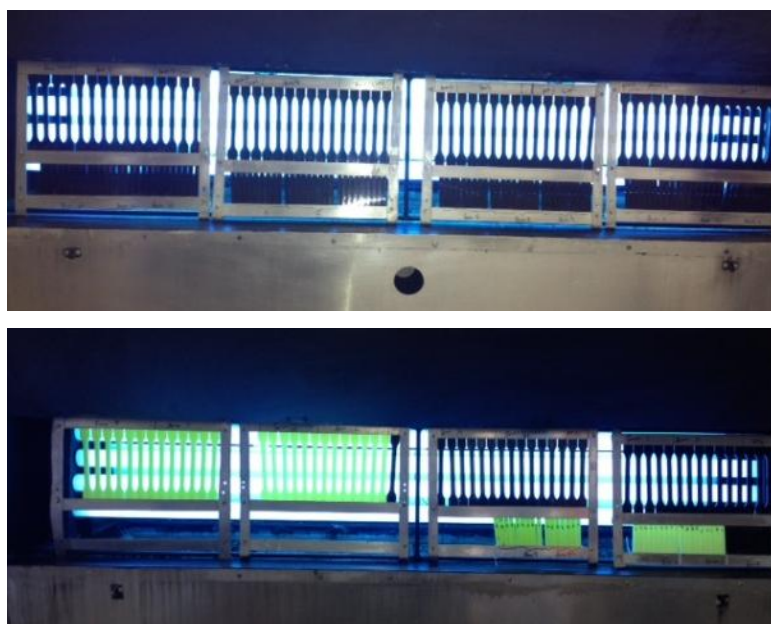


Figura 7. Equipamento de envelhecimento acelerado, ambos os lados com as amostras em suportes durante o ensaio de envelhecimento.

4.5 Caracterização dos materiais

Os ensaios de caracterização FTIR, TGA e DSC foram realizados nos aditivos utilizados: negro de fumo, Tinuvin 770, Cyasorb 5411 e nas composições das amostras finais do planejamento experimental e de referência.

4.5.1 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Foram realizadas análises de FTIR na faixa de varredura de 490 a 4000 cm^{-1} , para todas as amostras antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado para avaliar se ocorrem modificações químicas nas amostras com a adição dos aditivos. As análises foram realizadas no FT-IR Thermo Scientific, modelo Nicole 6700 (Madison/USA).

4.5.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

A estabilidade térmica das amostras e dos aditivos foi determinada por análise termogravimétrica (TGA) no Laboratório da Qualidade da empresa SABIC. As análises foram realizadas no equipamento TA Instruments, modelo TGA Q50, com temperatura inicial de 40 °C até 800 °C a uma taxa de aquecimento de 20°C/min., em atmosfera inerte de nitrogênio e vazão de gás de 50 mL/min. A massa das amostras foram pesadas entre 5 e 8 mg.

4.5.3 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

As transições térmicas foram estudadas por calorimetria diferencial exploratória (DSC) em uma faixa de temperatura ambiente a 170 °C sob atmosfera inerte de nitrogênio, com fluxo de 50 mL/min, de acordo com a norma ASTM D7426-08, em equipamento da marca Mettler Toledo, modelo DSC 1 (Zürich/Suíça), instalado no Laboratório de Recursos Analíticos e de Calibração – LRAC, Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP. As amostras foram submetidas ao seguinte programa de aquecimento:

1ª varredura: aquecimento de 25 a 170 °C, 10 °C/min, isoterma de 5 minutos a 170 °C.

2ª varredura: resfriamento de 170 a -140 °C, 10 °C/min, isoterma por 5 minutos a -140 °C.

3ª varredura: aquecimento de -140 a 170 °C, 10 °C/min.

4.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi realizada, por meio de microscopia eletrônica de varredura, uma avaliação da dispersão do negro de fumo (NF) e do comportamento da fratura do ABS no Laboratório de Recursos Analíticos e de Calibração – LRAC, Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP. Para realizar as análises foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura com detector de energia dispersiva de raios X, modelo do MEV - LEO 440i, modelo do detector – 6070, ambos da marca LEO Electron Microscopy/ Oxford (Cambridge, Inglaterra). Antes do ensaio as amostras receberam recobrimento de ouro com espessura de 92 Å. Foram utilizados para esta análise os CPs fraturados no ensaio de resistência ao impacto IZOD, antes e após o envelhecimento.

4.5.5 Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)

Esta análise foi realizada no equipamento DMA Q800 – TA Instruments, modelo DMA *Multi – Frequency – Strain* com garra *single cantilever*, realizados pela empresa 3M do Brasil. Utilizou-se frequência de 1 Hz e a deformação foi fixada a 0,1 %. A faixa de temperatura utilizada foi de 25 a 160 °C com taxa de aquecimento de 2 °C/min. O módulo de armazenamento (E'), módulo de perda (E'') e fator de perda ($\tan \delta$) das amostras foram medidos em função da temperatura.

4.6 Etapas realizadas no projeto

Este projeto consiste em duas etapas. A primeira etapa foi realizada com o objetivo de avaliar se a suspeita de perda da propriedade de ponto de amolecimento Vicat ocorre no polímero ABS quando produzido em escala laboratorial. A segunda etapa consiste do planejamento experimental para avaliação estatística da influência dos aditivos utilizados sobre as propriedades mecânicas e térmicas do polímero ABS antes e após o envelhecimento.

4.6.1 Etapa I do projeto – Identificação do problema

Para esta avaliação preliminar, foram realizados os testes de ponto de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD e resistência à tração em quatro amostras cujos teores de aditivos utilizados são típicos de processamento. Nesta primeira fase não foi utilizado o negro de fumo. As nomenclaturas assim como as concentrações de aditivos em cada formulação são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Porcentagens em massa dos aditivos utilizados na Etapa I.

Amostras	Tinuvin 770 (% (m/m))	Cyasorb 5411 (% (m/m))	Negro de Fumo (% (m/m))
T0C0N0	0	0	0
T0C05N0	0	0,5	0
T1C0N0	1,0	0	0
T1C05N0	1,0	0,5	0

4.6.2 Etapa II do projeto - Planejamento experimental

O planejamento experimental proposto foi composto por um fatorial 2^3 com ponto central (Tabela 10), para verificar quais variáveis, dentre as previamente selecionadas (estabilizador HALS, absorvedor UV e negro de fumo), poderiam causar maior variação nas respostas de temperatura de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD com entalhe e resistência à tração. Os valores mínimos de aditivos UV foram determinados baseados na literatura, e com o intuito de detectar alterações nas propriedades com a adição dos mesmos, foi estipulado o valor máximo com base nos testes previamente realizados. O mesmo método se aplica ao negro de fumo. Todos os fatores foram analisados em dois níveis com triplicata de um ponto central, e foi realizado quintuplicata apenas das análises mecânicas e térmicas, ou seja, realizou-se apenas uma extrusão e injeção de cada formulação. As respostas analíticas obtidas através dos resultados experimentais foram analisadas no *software Statistica 7.0*, a 95 % de nível de confiança e erro puro.

Tabela 10. Fatores e níveis do planejamento fatorial 2^3 com ponto central.

Fatores	Mínimo (-1)	Ponto Central (0)	Máximo (+1)
HALS (% (m/m))	0,5	1,25	2,0
Absorvedor UV (% (m/m))	0,5	1,25	2,0
Negro de fumo (% (m/m))	0,3	0,6	0,9

A nomenclatura utilizada em cada amostra é composta de acordo com a concentração de cada aditivo utilizado nas formulações, conforme Tabela 11. As amostras que consistem da primeira etapa do projeto, bem como amostras apenas com negro de fumo, feitas para avaliar isoladamente a influência deste no ABS, foram consideradas como amostras de referência, Tabela 12, pois estas amostras não são analisadas no programa *Statistica* por terem a ausência de alguns aditivos em sua formulação.

Tabela 11. Concentrações de aditivos das amostras utilizadas no planejamento experimental.

Amostras	Tinuvin 770 (% (m/m))	Cyasorb 5411 (% (m/m))	Negro de Fumo (% (m/m))
T05C05N03	0,5	0,5	0,3
T05C05N09	0,5	0,5	0,9
T05C2N03	0,5	2,0	0,3
T05C2N09	0,5	2,0	0,9
T2C05N03	2,0	0,5	0,3
T2C05N09	2,0	0,5	0,9
T2C2N03	2,0	2,0	0,3
T2C2N09	2,0	2,0	0,9
T125C125N06-1	1,25	1,25	0,6
T125C125N06-2	1,25	1,25	0,6
T125C125N06-3	1,25	1,25	0,6

Tabela 12. Concentrações de aditivos das amostras de referência.

Amostras	Tinuvin 770 (% (m/m))	Cyasorb 5411 (% (m/m))	Negro de Fumo (% (m/m))
T0C0N0	0	0	0
T0C05N0	0	0,5	0
T1C0N0	1,0	0	0
T1C05N0	1,0	0,5	0
T0C0N03	0	0	0,3
T0C0N09	0	0	0,9

4.7 Teste de Tukey

A partir dos testes de ponto de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD e resistência à tração de todas as amostras tanto as de referência como as do planejamento experimental, os dados obtidos foram analisados estatisticamente.

Devido ao grande número de amostras (antes e após o envelhecimento) a serem analisadas por DSC, DMA e SEM e consequentemente, o grande número de dados a serem analisados e custos, foi realizado o Teste Tukey, uma ferramenta do *software Statistica* que minimiza a quantidade de amostras a serem analisadas separando os indivíduos estatisticamente iguais em grupos. Desta forma analisa-se apenas um elemento de cada grupo considerado estatisticamente diferente.

Foram utilizados no teste de Tukey os resultados obtidos do teste de ponto de amolecimento Vicat, uma vez que todo este estudo foi realizado após observar uma tendência no polímero ABS a perder esta propriedade com a adição dos aditivos UV. Utilizou-se apenas as amostras do planejamento experimental, pois estas continham as combinações de todos os aditivos estudados, e a amostra de referência T0C0N0, utilizada como branco.

Os dados gerados pelo *software* são apresentados no Apêndice A.

Com esta análise, foi possível otimizar o número de amostras de 34 para 14 no total, antes e após envelhecimento.

Após análise dos dados gerados no teste Tukey, as amostras foram divididas em grupos estatisticamente iguais, e para determinar qual amostra de cada grupo seria escolhida fixou-se a

concentração de negro de fumo em 0,9 % (m/m), e as amostras que apresentaram maior diferença estatística nos grupos foram selecionadas. Estas amostras são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13. Amostras estatisticamente diferentes pela análise do teste de Tukey.

Amostras
T0C0N0
T0C0N09
T05C05N09
T05C2N09
T125C125N06
T2C05N09
T2C2N09

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da Etapa I

Conforme Tabela 14 e Figura 8, pode-se observar que para o ponto de amolecimento Vicat, os resultados obtidos mostram que há uma tendência de perda desta propriedade quando foram adicionados os aditivos anti UV às formulações. Observou-se uma diminuição de aproximadamente 2 °C comparando-se as médias das formulações sem e com aditivos.

Tabela 14. Resultados do ponto de amolecimento Vicat.

Amostras	T0C0N0	T0C05N0	T1C0N0	T1C05N0
1	104,6	104,4	103,3	103,4
2	105,1	103,2	102,7	103,0
3	104,9	103,4	103,3	103,2
4	104,8	103,7	101,7	101,8
5	103,6	103,3	102,0	102,0
6	104,0	102,1	101,4	101,8
7	102,1	102,0	101,0	101,7
8	102,5	100,6	100,5	101,2
9	103,6	102,7	101,0	100,9
10	102,4	102,2	101,7	101,4
Médias e desvios padrão	103,8 ± 1,0	102,8 ± 1,1	101,9 ± 1,0	102,0 ± 0,9

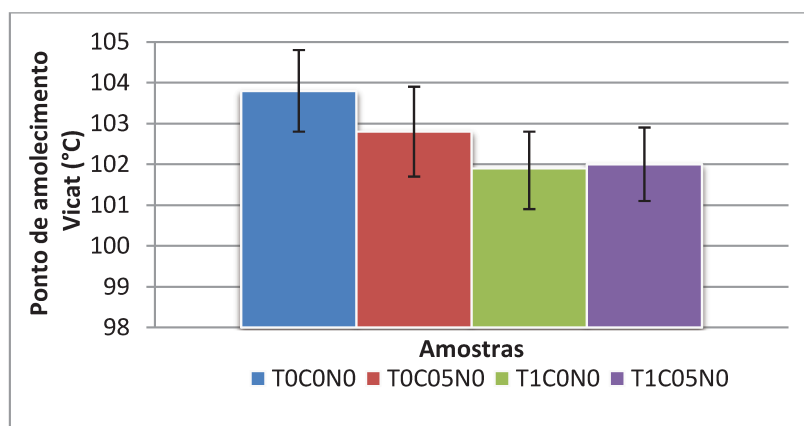


Figura 8. Médias e desvios padrão do ponto de amolecimento Vicat.

Para a resposta de resistência ao impacto IZOD (Tabela 14) a amostra T1C05N0, contendo os dois aditivos UV, mostrou menor resultado comparada as outras amostras. Porém considerando os desvios padrão observa-se que os resultados obtidos são muito próximos, não sendo possível concluir apenas com estes dados a influência que os aditivos utilizados exercem na resposta de resistência ao impacto IZOD.

Com base nos resultados de resistência à tração (limite de resistência, alongamento e módulo de elasticidade), Tabela 15, assim como o teste de resistência ao impacto IZOD, não foi possível concluir a influência dos aditivos UV. No caso do limite de resistência, os resultados foram muito próximos podendo ser considerados não significativos. Já o alongamento e módulo de elasticidade obtiveram altos desvios padrão. Todos os resultados são apresentados no Apêndice B.

Tabela 15. Resultados médios e desvios padrão dos ensaios de resistência ao impacto IZOD e resistência à tração.

Ensaio	T0C0N0	T0C05N0	T1C0N0	T1C05N0
Impacto (KJ/m²)	22,79 ± 0,90	22,32 ± 0,69	23,92 ± 0,38	21,37 ± 0,32
Limite de Resistência (MPa)	46,44 ± 0,29	46,96 ± 0,67	46,08 ± 0,77	46,34 ± 0,34
Alongamento (%)	11,46 ± 1,26	11,54 ± 2,19	13,71 ± 3,01	10,77 ± 2,40
Módulo de Elasticidade (MPa)	787,29 ± 14,50	787,06 ± 13,22	773,47 ± 12,81	768,08 ± 8,83

De acordo com os resultados obtidos nesta fase preliminar, pôde-se confirmar a suspeita de queda da propriedade de ponto de amolecimento Vicat no polímero ABS com a adição dos aditivos anti UV utilizados neste trabalho. Não foram observados comportamentos de perda de propriedades significativos para as análises de resistência ao impacto IZOD e resistência à tração. Contudo, para uma melhor avaliação da influência destes aditivos adicionados ao ABS é necessário realizar um estudo estatístico no qual é possível avaliar quais aditivos causam variações estatisticamente significativas e se apresentam influência positiva ou negativa na resposta a ser estudada. O planejamento estatístico realizado é a segunda etapa deste projeto, descrita no tópico a seguir.

5.2 Resultados da Etapa II

5.2.1 Propriedades mecânicas e térmicas

5.2.1.1 Ponto de amolecimento Vicat (Vicat)

Na Tabela 16 e Figura 9 são apresentados os valores médios obtidos do ponto de amolecimento Vicat. As amostras que não possuem aditivos UV (T0C0N0, T0C0N03, T0C0N09), bem como as que possuem baixas concentrações dos mesmos (T05C05N03, T05C05N09), apresentaram valores superiores de ponto de amolecimento Vicat. Já as amostras T2C2N03 e T2C2N09, por sua vez, apresentaram os menores resultados, o que indica que o aumento da concentração de aditivos UV no ABS influencia de forma negativa esta propriedade térmica do material. Este comportamento é observado tanto nas amostras não envelhecidas (NAT) como nas amostras após o envelhecimento acelerado (UVA).

Tabela 16. Médias e desvios padrões das análises de ponto de amolecimento Vicat, antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Temperatura de amolecimento Vicat (°C)		
	Médias		Variação (°C)
	Não envelhecida	Envelhecido	
T0C0N0	104,6 ± 0,6	102,9 ± 0,3	-1,7
T0C05N0	103,6 ± 0,5	102,1 ± 0,6	-1,5
T1C0N0	102,6 ± 0,7	101,6 ± 0,4	-1,0
T1C05N0	102,7 ± 0,7	100,9 ± 0,6	-1,8
T0C0N03	104,5 ± 0,4	102,2 ± 0,2	-2,3
T0C0N09	105,5 ± 0,6	102,5 ± 0,4	-3,0
T05C05N03	104,3 ± 0,3	101,2 ± 0,3	-3,1
T05C05N09	104,6 ± 0,4	101,3 ± 0,5	-3,3
T05C2N03	103,0 ± 0,4	99,5 ± 0,4	-3,5
T05C2N09	103,1 ± 0,3	99,9 ± 0,6	-3,2
T2C05N03	101,7 ± 0,5	99,4 ± 0,2	-2,3
T2C05N09	101,3 ± 0,5	99,0 ± 0,5	-2,3
T2C2N03	100,0 ± 0,5	98,0 ± 0,4	-2,0
T2C2N09	100,2 ± 0,4	98,6 ± 0,4	-1,6
T125C125N06-1	101,7 ± 0,5	99,5 ± 0,5	-2,2
T125C125N06-2	101,1 ± 0,5	99,3 ± 0,4	-1,8
T125C125N06-3	100,9 ± 0,4	99,8 ± 0,4	-1,1

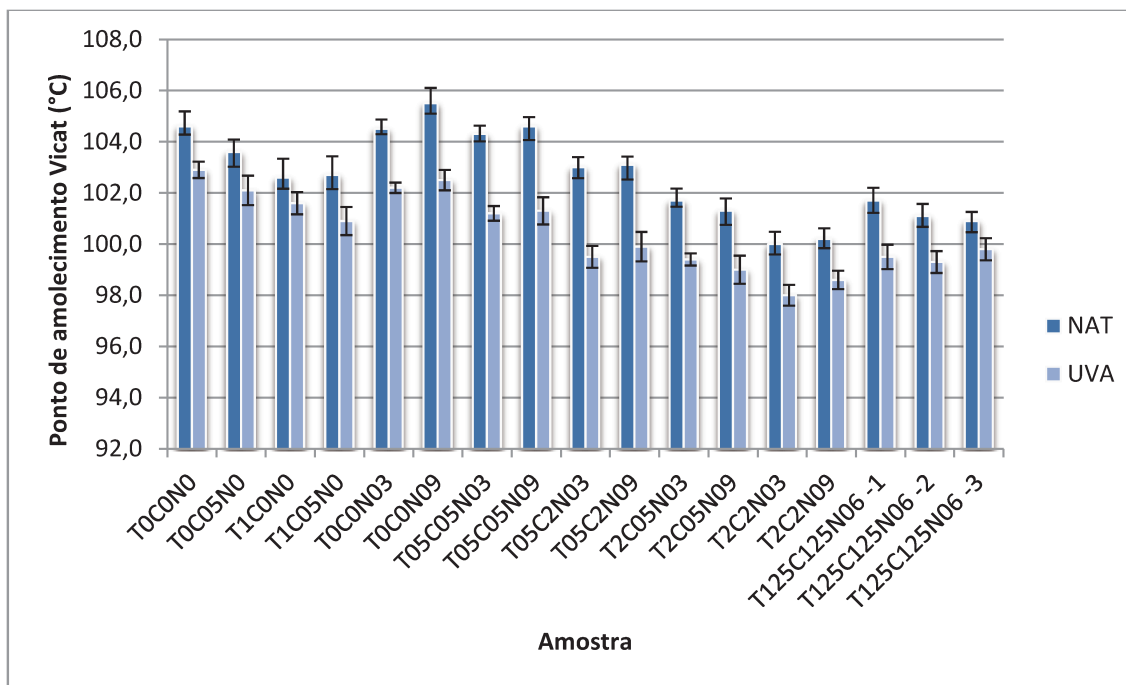


Figura 9. Resultados médios e desvios padrão do ponto de amolecimento Vicat.

5.2.1.1.1 Análise estatística – Vicat antes do envelhecimento

Para avaliar quais aditivos influenciam na resposta e se são significativos ou não, foi utilizado o planejamento experimental. Como já dito anteriormente, é um método para analisar os resultados com base estatística, que aponta os fatores que são estatisticamente significativos minimizando assim o empirismo.

A tabela de efeitos (Tabela 17) permite determinar quais são os fatores significativos para a resposta desejada. Há três maneiras de realizar esta análise, a primeira delas é pelo valor p que para ser significativo deve ser menor que p -valor, neste caso 0,05. O p -valor está relacionado com o limite de confiança estabelecido. Neste trabalho utilizou-se 95 % de confiança, o p -valor representa os outros 5 % (0,05). Pode-se também determinar a significância de um fator na resposta usando o $t(v)$, ou seja, o grau de liberdade. Para este planejamento o grau de liberdade é 46, logo $t(46)$, esta informação é dada pelo programa *Statistica*, mas é possível calculá-la com base nos fatores com mais de três interações que foram excluídos do planejamento, uma vez que o próprio programa entende que estas interações são menos importantes. Sendo $t(46)$, pode-se calcular o t de *Student* (t tabelado) pelo *Statistica*, $t(46) = 1,678660$. Qualquer valor de $t(46)$ na

tabela de efeitos maior que o valor de t tabelado indica que o fator referente a este é significativo para a resposta estudada. A terceira forma de determinar a significância dos fatores é pelo intervalo de confiança obtido na tabela de efeitos, se neste intervalo não conter o zero o fator relativo a este é significativo (BRUNS, 2003).

Tabela 17. Tabela de Efeitos para a resposta Vicat.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95 %	95 %
Média	101,9964	0,061071	1670,133	0,000000	101,8734	102,1193
(1) Tinuvin	-2,9750	0,143224	-20,772	0,000000	-3,2633	-2,6867
(2) Cyasorb	-1,3850	0,143224	-9,670	0,000000	-1,6733	-1,0967
(3) NF	0,0650	0,143224	0,454	0,652081	-0,2233	0,3533
1 by 2	-0,0150	0,143224	-0,105	0,917044	-0,3033	0,2733
1 by 3	-0,1650	0,143224	-1,152	0,255256	-0,4533	0,1233
2 by 3	0,0450	0,143224	0,314	0,754795	-0,2433	0,3333

Erro puro da média quadrática = 0,2051304; $R^2 = 0,82969$; Ajuste = 0,80841

Conforme observado na Tabela 17, os aditivos Tinuvin 770 e Cyasorb 5411 apresentaram influência estatisticamente significativa ($p < 0,05$) sobre o ponto de amolecimento Vicat do ABS, sendo o Tinuvin mais significativo, pois apresenta o maior valor de efeito sobre a resposta, e sua influência é negativa, pois o sinal do seu efeito é negativo. Esta análise é melhor representada pelo gráfico de Pareto (Figura 10), e gráfico Normal (Figura 11).

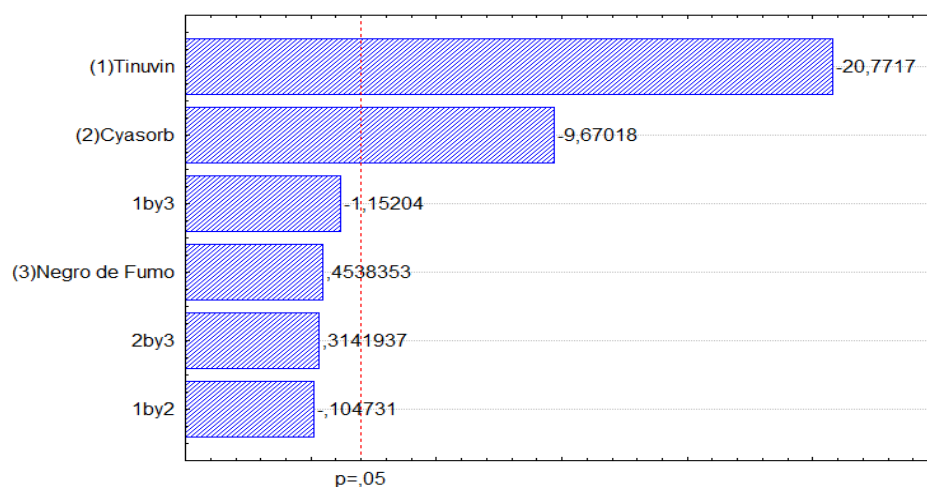


Figura 10. Gráfico de Pareto para a resposta de Vicat com 95% de confiança.

Os resultados do gráfico de Pareto são relativos aos valores de $t(46)$ em módulo de cada fator. A linha pontilhada em vermelho no gráfico representa o valor de t -tabelado (1,678660), onde os valores de t -calculado maiores que este são significativos. De acordo com o gráfico de Pareto com 95 % de confiança, os fatores Tinuvin 770 e Cyasorb são significativos, estando em concordância com a tabela de efeitos.

Para melhor análise no gráfico normal deve-se primeiramente traçar uma reta de inclinação 1 que passe pela origem (0,0). Desta forma, os fatores mais distantes desta reta são os significativos. O gráfico normal é independente do limite de confiança utilizado.

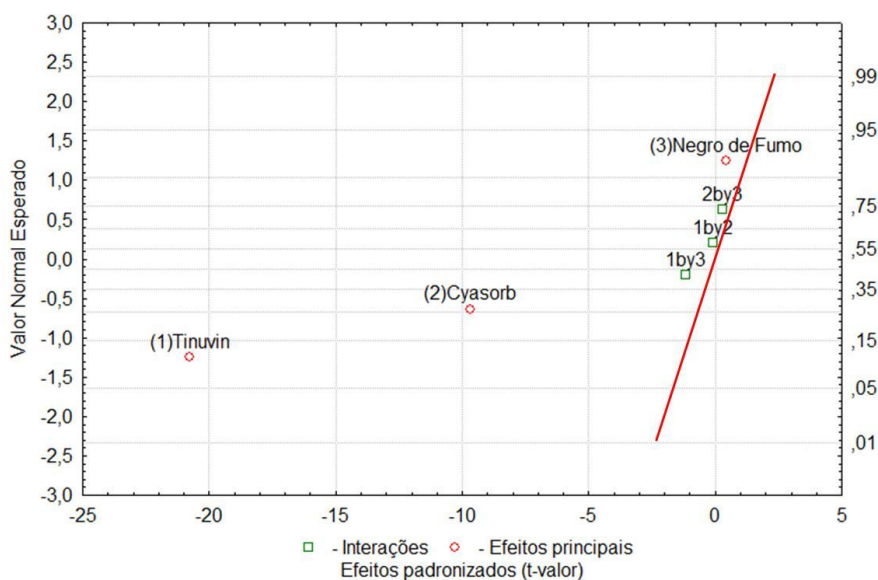


Figura 11. Gráfico Normal para a resposta de Vicat com 95 % de confiança.

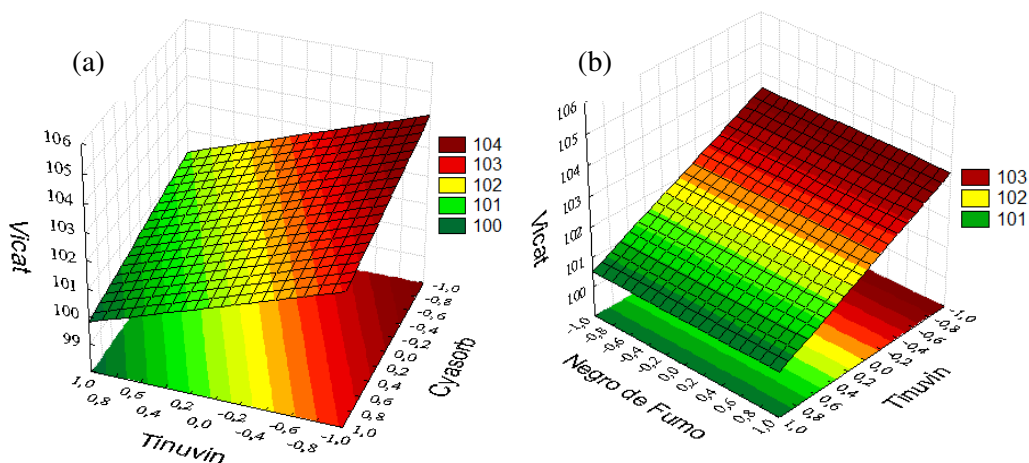


Figura 12. Superfície de resposta para Vicat em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Tinuvin (b).

A análise da superfície de resposta permite verificar a existência de uma região ótima em relação à resposta. A Figura 12 (a) indica que quanto maior a concentração de Tinuvin e Cyasorb, menor a resposta de ponto de amolecimento Vicat. Portanto, estes aditivos influenciam de forma negativa nesta propriedade. Já na Figura 12 (b), observa-se que o negro de fumo não exerce nenhuma influência na resposta estudada.

5.2.1.1.2 Análise estatística – Vicat após envelhecimento

Para as amostras após envelhecimento, os fatores que apresentaram efeitos significativos, de acordo com a tabela de efeitos (Tabela 18), gráfico de Pareto (Figura 13) e gráfico Normal, foram Tinuvin e Cyasorb de maneira negativa.

Tabela 18. Tabela de Efeitos para a resposta Vicat após o envelhecimento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95 %	95 %
Média	99,58545	0,059701	1668,081	0,000000	99,46528	99,70563
(1) Tinuvin	-1,70000	0,140010	-12,142	0,000000	-1,98183	-1,41817
(2) Cyasorb	-1,21000	0,140010	-8,642	0,000000	-1,49183	-0,92817
(3) NF	0,15000	0,140010	1,071	0,289601	-0,13183	0,43183
1 by 2	0,31000	0,140010	2,214	0,031816	0,02817	0,59183
1 by 3	-0,07000	0,140010	-0,500	0,619484	-0,35183	0,21183
2 by 3	0,32000	0,140010	2,286	0,026937	0,03817	0,60183

Erro puro da média quadrática = 0,196029; $R^2 = 0,82898$; Ajuste = 0,80761

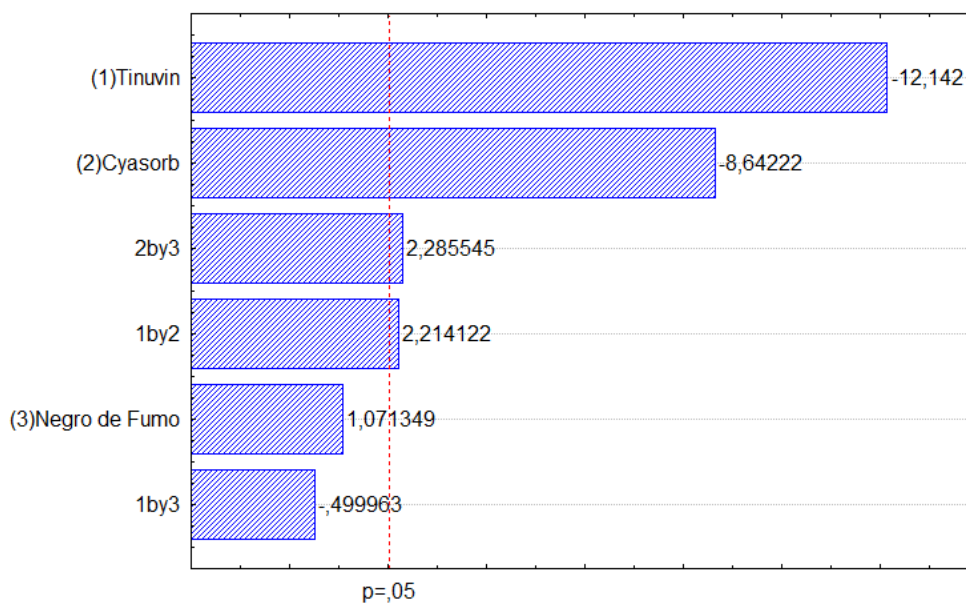


Figura 13. Gráfico de Pareto para a resposta de Vicat com 95% de confiança, após envelhecimento.

Analisando-se o gráfico Normal, pode-se verificar que as interações que se mostraram significativas no gráfico de Pareto já não tem significância no gráfico Normal. Como já dito anteriormente, deve-se analisar os resultados com a maior quantidade de ferramentas possíveis, pois no caso do Pareto leva-se em consideração a porcentagem de confiança desejada para se trabalhar, neste caso 95 % de confiança, já o gráfico Normal (Figura 14) apresenta os resultados independentes do grau de confiança utilizado na análise. Desta forma, consideram-se apenas os fatores Tinuvin e Cyasorb como fatores significativos para a resposta de temperatura de amolecimento Vicat, em concordância com os dados obtidos antes do envelhecimento.

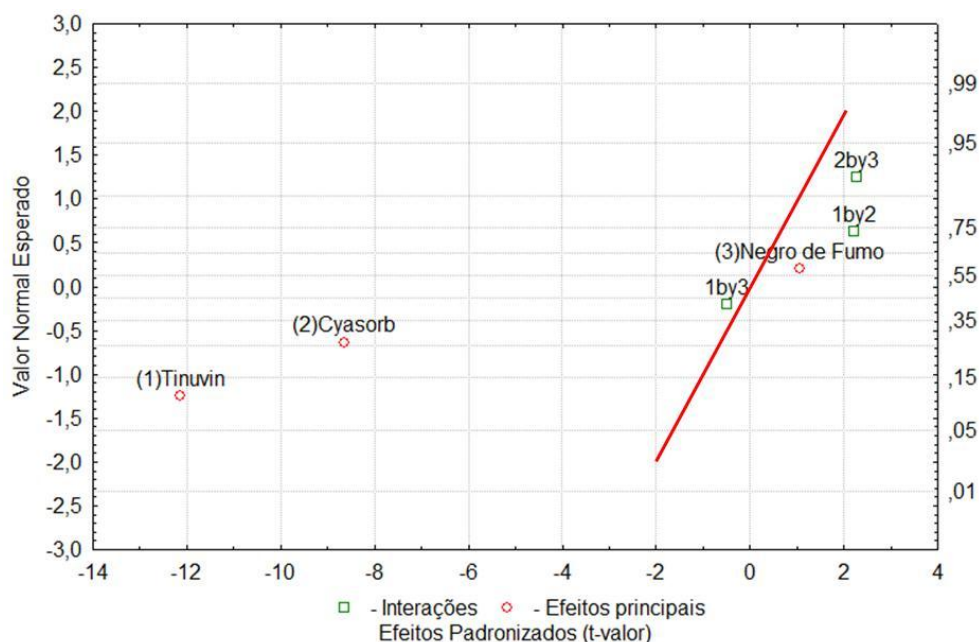


Figura 14. Gráfico normal dos efeitos para a resposta Vicat.

Pode-se confirmar os resultados avaliados pelo gráfico Normal nos gráficos de Superfície. Na Figura 15 (a) observa-se que quanto maior as concentrações de Tinuvin e Cyasorb, menores os valores para a resposta de temperatura de amolecimento Vicat. Na Figura 15 (b) nota-se que a concentração de negro de fumo não interfere na resposta em relação ao Tinuvin, já na Figura 15 (c) observa-se que há certa influência na resposta com a interação de Cyasorb e negro de fumo, porém estatisticamente não significativa.

Tanto antes como depois do envelhecimento os aditivos Tinuvin e Cyasorb são fatores significativos exercendo influência negativa na resposta estudada.

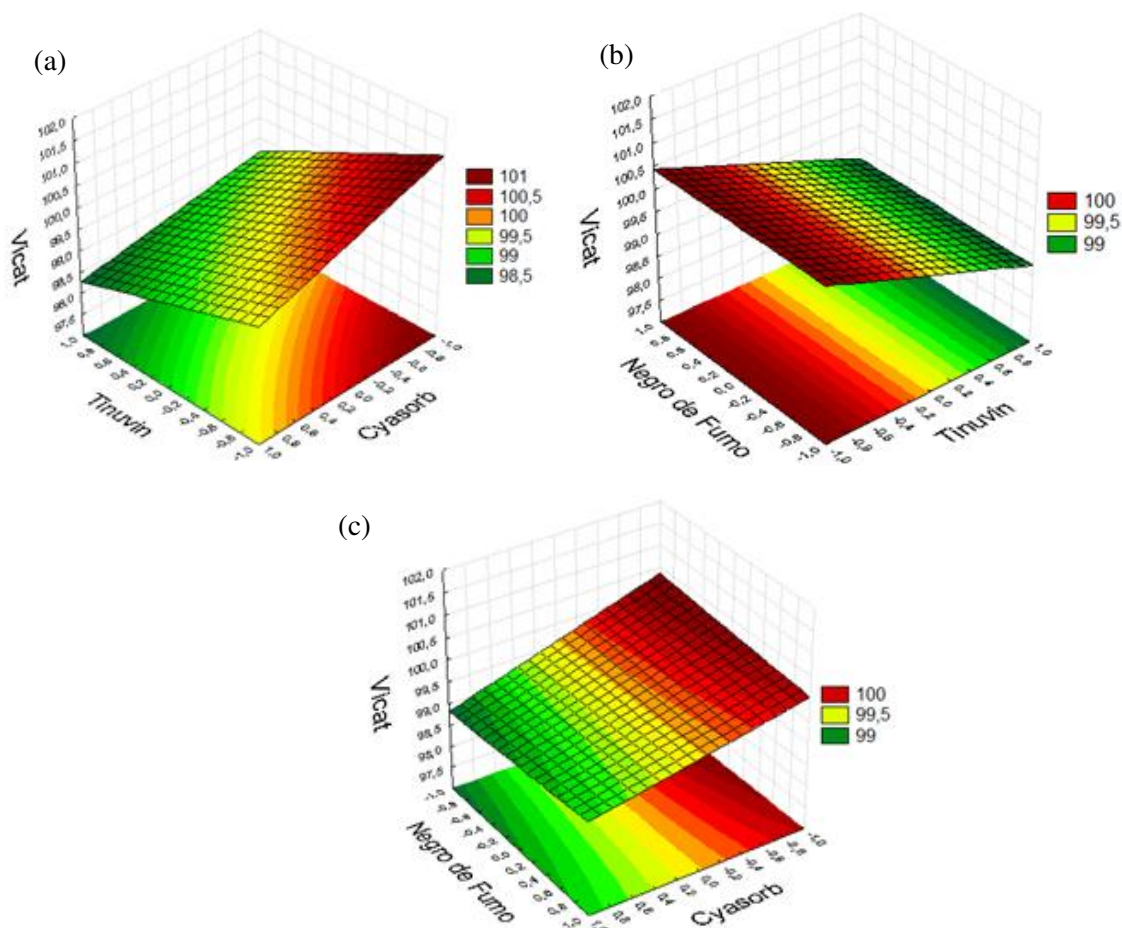


Figura 15. Superfície de resposta para Vicat em função da concentração de (a)Tinuvin e Cyasorb, (b) negro de fumo e Tinuvin, (c) negro de fumo e Cyasorb.

5.2.1.1.3 Considerações Gerais – Vicat

As amostras T2C2N03 e T2C2N09 foram as que apresentaram maior perda de propriedade em comparação com a amostra sem aditivos (T0C0N0), estas amostras perderam aproximadamente 4 °C, antes e após o envelhecimento.

As amostras depois de envelhecidas perderam em média 2,2 °C da propriedade Vicat entre antes e após envelhecimento. As mesmas não apresentaram variação de perda linear desta propriedade com o aumento da concentração de aditivos, sendo que a menor variação obtida foi da amostra T1C0N0 (1,0 °C) e a maior variação da amostra T05C2N03 (3,5 °C). O que indica que para esta propriedade estudada as diferentes concentrações dos aditivos anti UV não melhoram a

proteção do polímero depois do envelhecimento acelerado no período de 1008 horas nas condições de teste descritas anteriormente.

Devido ao envelhecimento acelerado afetar primeiramente a superfície das amostras podendo se propagar ao seu interior de acordo com o tipo de envelhecimento e período, não foram observadas modificações drásticas nas respostas das amostras comparando antes e após o envelhecimento.

Para a análise de ponto de amolecimento Vicat, os aditivos Tinuvin e Cyasorb apresentaram influência negativa. Desta forma, as adições destes componentes nas formulações fizeram com que a resposta diminuísse à medida que a concentração dos aditivos aumentava, este comportamento foi observado antes e após envelhecimento.

5.2.1.2 Resistência ao impacto IZOD

Com relação aos resultados de resistência ao impacto IZOD (Tabela 19 e Figura 16), as amostras T0C0N0, T0C05N0, T1C0N0 e T0C0N03 apresentaram os maiores valores para as amostras não envelhecidas. Porém as médias de todas as amostras possuem valores próximos, com exceção apenas da T2C2N09 que apresentou resultado muito inferior comparado às demais.

As amostras após envelhecimento também apresentaram valores muito próximos, novamente com exceção da amostra T2C2N09.

Tabela 19. Médias e desvios padrões das análises de resistência ao impacto IZOD, antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Resistência ao impacto IZOD (kJ/m²)		
	Médias		Variação (%)
	Não envelhecida	Envelhecido	
T0C0N0	22,79 ± 0,90	17,86 ± 0,98	-21,6
T0C05N0	22,89 ± 0,40	18,35 ± 1,13	-19,8
T1C0N0	23,92 ± 0,43	17,77 ± 1,03	-25,7
T1C05N0	21,37 ± 0,32	17,17 ± 1,06	-19,7
T0C0N03	22,71 ± 0,45	19,62 ± 0,70	-13,6
T0C0N09	18,84 ± 0,26	18,52 ± 1,95	-1,7
T05C05N03	20,43 ± 0,48	17,86 ± 0,32	-12,6
T05C05N09	19,61 ± 0,51	16,31 ± 0,40	-16,8
T05C2N03	19,78 ± 0,34	16,97 ± 0,58	-14,2
T05C2N09	17,30 ± 0,26	16,07 ± 0,40	-7,1
T2C05N03	19,58 ± 0,57	16,54 ± 0,51	-15,5
T2C05N09	17,40 ± 0,77	15,04 ± 0,33	-13,6
T2C2N03	17,75 ± 0,24	15,28 ± 0,53	-13,9
T2C2N09	13,39 ± 0,50	13,26 ± 0,49	-1,0
T125C125N06-1	18,39 ± 0,24	16,18 ± 0,55	-12,0
T125C125N06-2	18,60 ± 0,40	16,28 ± 0,49	-12,5
T125C125N06-3	17,85 ± 0,85	16,32 ± 0,58	-8,6

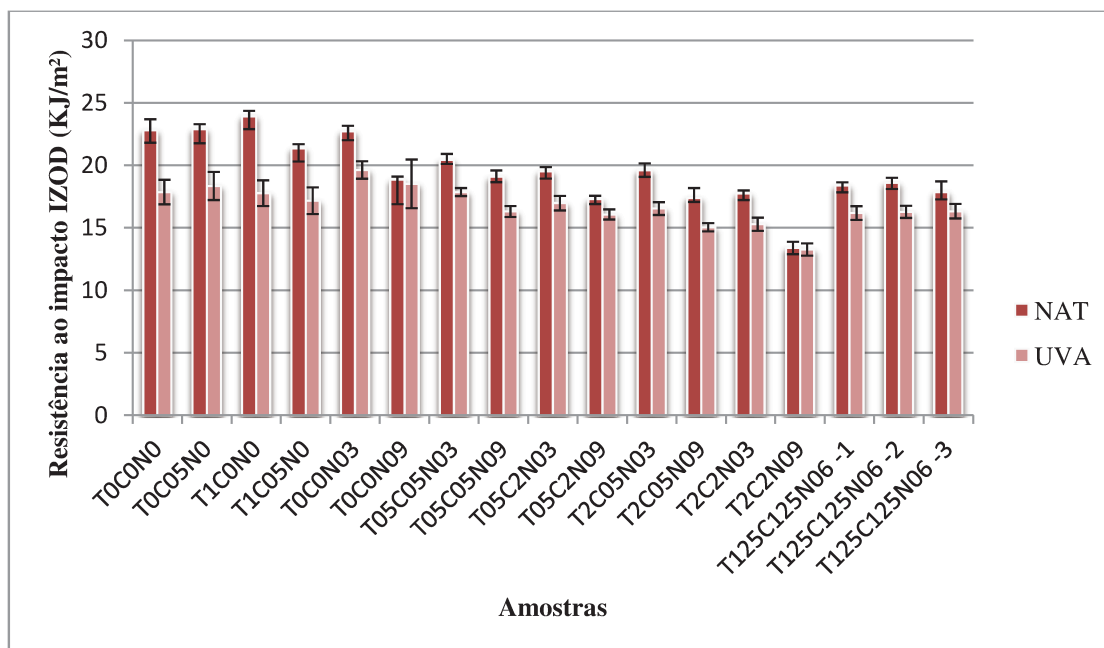


Figura 16. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de resistência ao impacto IZOD antes e após envelhecimento.

5.2.1.2.1 Análise estatística – Impacto IZOD antes do envelhecimento

Para a resposta de resistência ao impacto IZOD, todos os fatores são significativos ($p < 0,05$), influenciando este parâmetro de forma negativa, conforme Tabela 20. Esta mesma avaliação pode ser confirmada pelos gráficos de Pareto (Figura 17) e Normal (Figura 18).

Tabela 20. Tabela de Efeitos para a resposta de resistência ao impacto IZOD.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	18,116545	0,071314	254,039251	0,000000	17,972998	18,260093
(1) Tinuvin	-2,050000	0,167246	-12,257389	0,000000	-2,386649	-1,713351
(2) Cyasorb	-2,136000	0,167246	-12,771601	0,000000	-2,472649	-1,799351
(3) NF	-2,526000	0,167246	-15,103494	0,000000	-2,862649	-2,189351
1 by 2	-0,788000	0,167246	-4,711621	0,000023	-1,124649	-0,451351
1 by 3	-0,746000	0,167246	-4,460494	0,000052	-1,082649	-0,409351
2 by 3	-0,762000	0,167246	-4,556161	0,000038	-1,098649	-0,425351

Erro puro da média quadrática = 0,2797125; $R^2 = 0,92107$; Ajuste = 0,91121

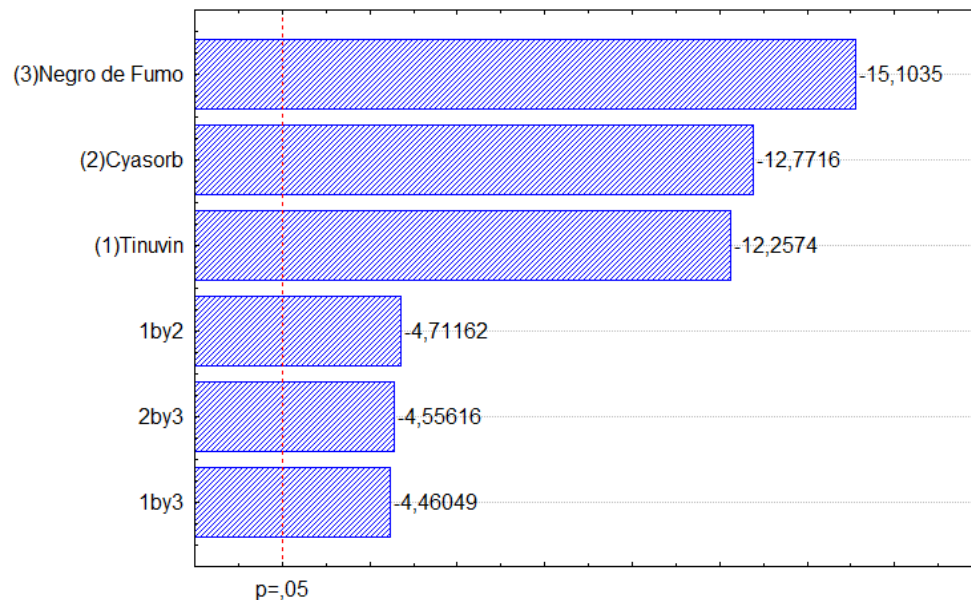


Figura 17. Gráfico de Pareto para a resposta de impacto IZOD com 95 % de confiança.

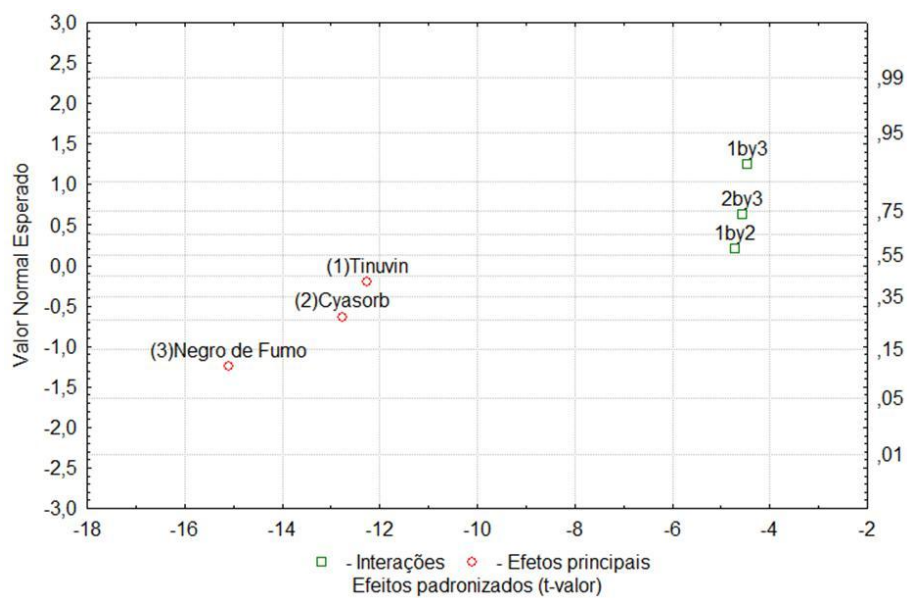


Figura 18. Gráfico normal dos efeitos para a resposta impacto IZOD.

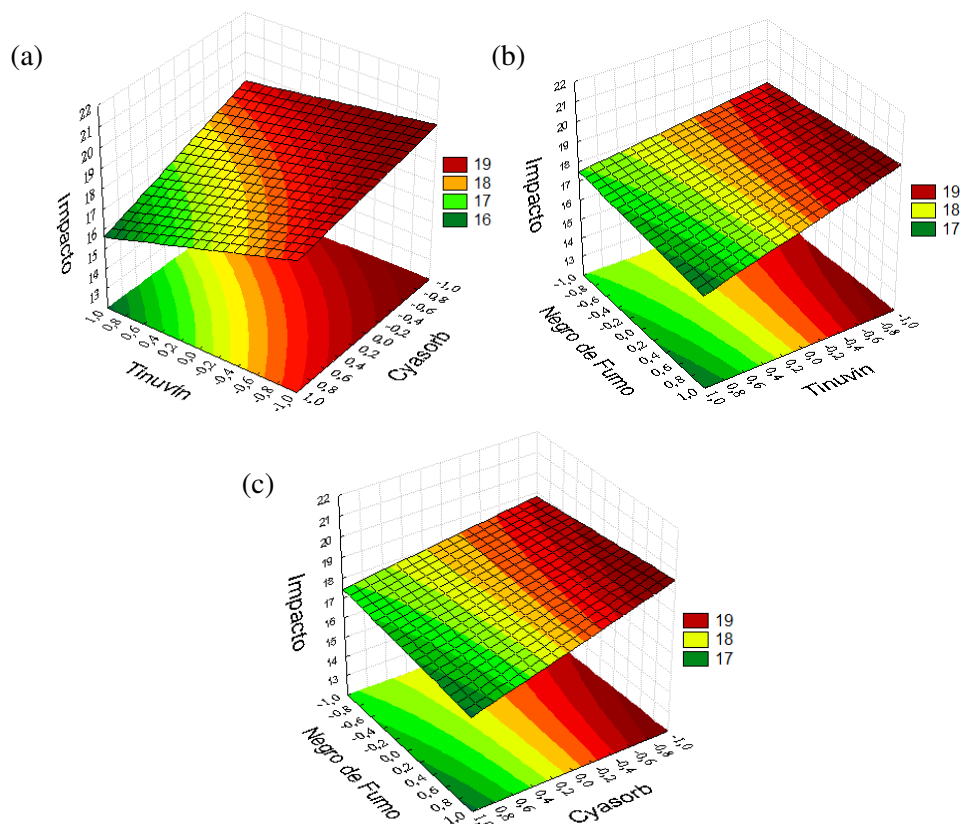


Figura 19. Superfície de resposta para resistência ao impacto IZOD em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Tinuvin (b), negro de fumo e Cyasorb (c).

Analisando os gráficos de superfície na Figura 19, os melhores resultados de impacto foram atingidos com as menores concentrações de Tinuvin, Cyasorb e negro de fumo, indicando a influência destes na perda da propriedade de impacto.

O fato de todos os fatores serem significativos pode estar relacionado com a dispersão dos aditivos adicionados nas formulações. Para verificar esta suspeita, ensaios de microscopia eletrônica de varredura foram realizados.

5.2.1.2.2 Análise estatística – Impacto IZOD após do envelhecimento

Para a resposta de impacto IZOD após envelhecimento, todos os fatores, exceto a interação Cyasorb e negro de fumo (2 by 3), são significativos (Tabela 21).

Tabela 21. Tabela de Efeitos para a resposta de resistência ao impacto IZOD após envelhecimento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(79)	p	Intervalo de confiança	
					-95 %	95 %
Média	16,0092	0,0510	314,1836	0,0000	15,9078	16,1106
(1) Tinuvin	-1,7725	0,1195	-14,8326	0,0000	-2,0104	-1,5346
(2) Cyasorb	-1,0400	0,1195	-8,7029	0,0000	-1,2779	-0,8021
(3) NF	-1,4950	0,1195	-12,5105	0,0000	-1,7329	-1,2571
1 by 2	-0,4750	0,1195	-3,9749	0,0002	-0,7129	-0,2371
1 by 3	-0,2638	0,1195	-2,2071	0,0302	-0,5016	-0,0259
2 by 3	0,0325	0,1195	0,2720	0,7864	-0,2054	0,2704

Erro puro da média quadrática = 0,2284837; $R^2 = 0,83409$; Ajuste = 0,8218

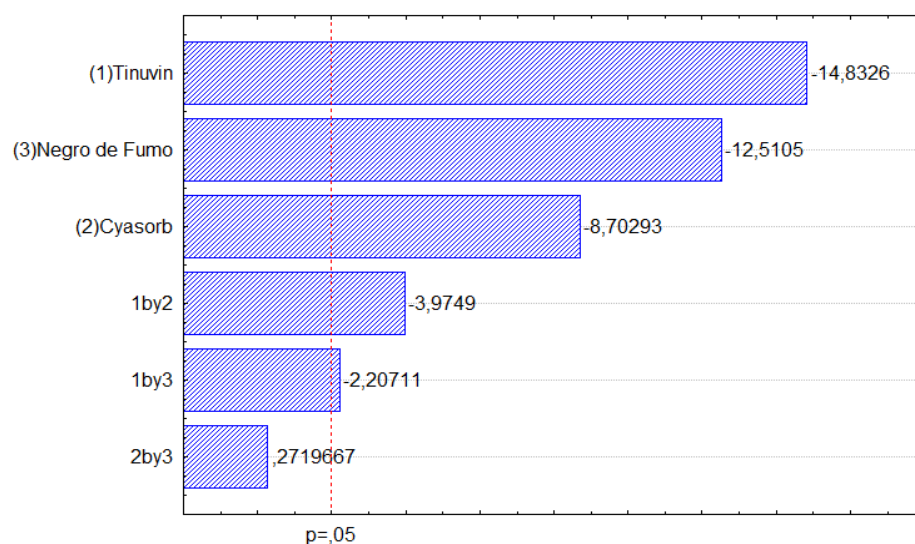


Figura 20. Gráfico de Pareto para a resposta de impacto IZOD com 95 % de confiança, após envelhecimento.

De acordo com análise no gráfico Normal (Figura 21) pode-se desconsiderar a interação Tinuvin e negro de fumo (1 by 3) que se mostrou significativa no gráfico de Pareto.

Desta forma apenas Tinuvin, Cyasorb, a interação deles e o negro de fumo são significativos, influenciando de forma negativa na resposta estudada.

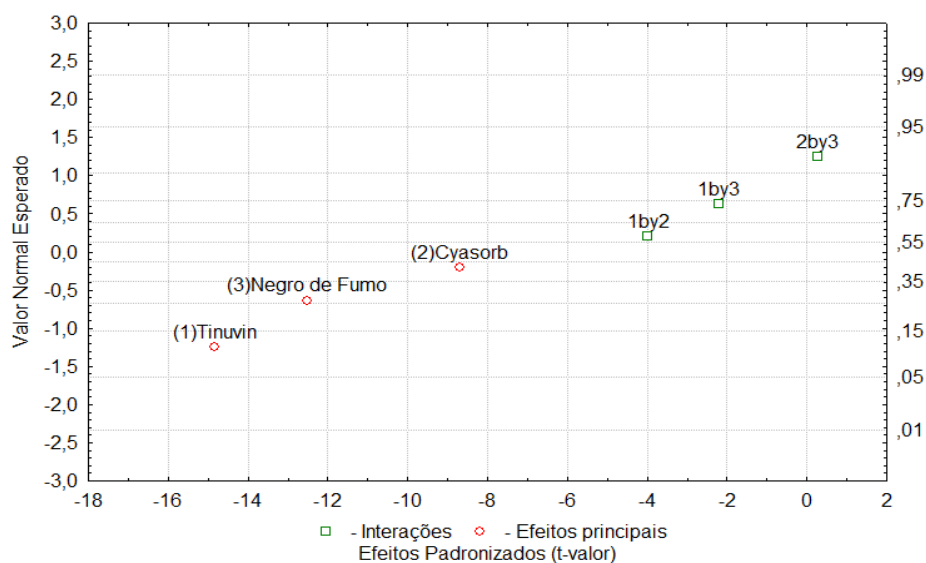


Figura 21. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de impacto IZOD, após envelhecimento.

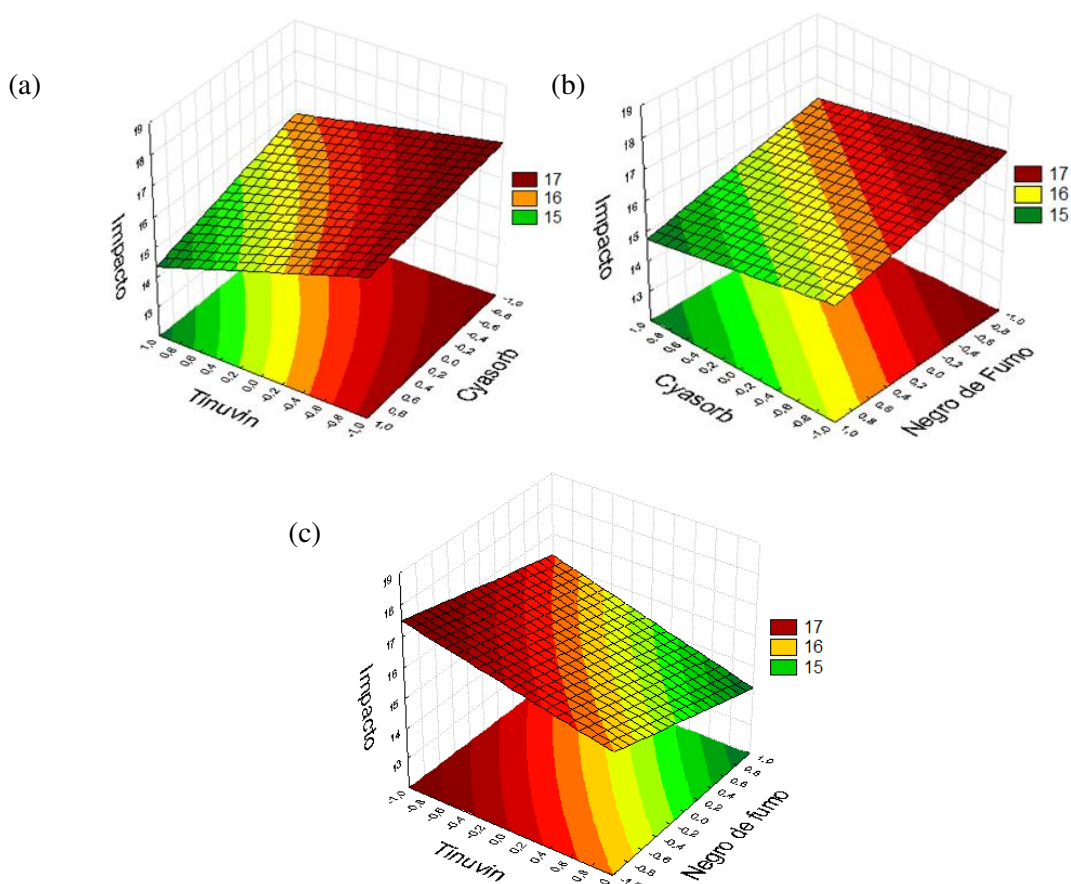


Figura 22. Superfície de resposta para resistência ao impacto IZOD em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).

Pelas análises dos gráficos de superfície (Figura 22) observa-se que quanto menor a concentração de Tinuvin, Cyasorb e negro de fumo, maior a resposta da propriedade estudada.

5.2.1.2.3 Considerações Gerais – Impacto IZOD

Pode-se observar que houve uma diminuição na resposta de resistência ao impacto IZOD de acordo com o aumento das concentrações dos aditivos.

As amostras sem negro de fumo (T0C0N0, T0C05N0, T1C0N0 e T1C05N0) apresentaram maior variação nos resultados entre antes e após o envelhecimento. Para estas formulações a propriedade de resistência ao impacto IZOD diminuiu entre 19,7 e 25,7 % após o envelhecimento. De todas as amostras a menor variação foi encontrada na formulação T2C2N09

que perdeu apenas 1,0 % da propriedade de resistência ao impacto após o envelhecimento, seguida desta tem-se a formulação T0C0N09 com variação de 1,7 %, as demais amostras apresentaram variações menores comparadas às amostras sem negro de fumo, sendo a amostra T05C05N09 a que obteve maior variação, de 16,8 %.

É possível observar com base nestes resultados que para esta propriedade o negro de fumo agiu como absorvedor de luz exercendo proteção ao polímero contra a radiação UV, o que indica que o negro de fumo cumpriu o papel de absorvedor nas amostras, assim como os aditivos anti UV exerceram a manutenção desta propriedade, uma vez que todas as amostras que continham a combinação dos três aditivos apresentaram menor perda após o envelhecimento, comparadas com a amostra natural (T0C0N0).

Por outro lado, a diferença entre os resultados é muito baixa, sendo a maior desta de aproximadamente 6 kJ/m² para as amostras antes de envelhecer e cerca de 4 kJ/m² para as amostras depois do envelhecimento, excluindo a amostra T2C2N09 em ambas as avaliações .

Em estudo realizado por Sanchez, 2006, a resistência ao impacto diminuiu com o aumento do tempo de envelhecimento, porém, valores significativos de queda desta propriedade foram observados após 60 dias de envelhecimento. Neste estudo o tempo de envelhecimento acelerado foi de 42 dias, podendo ser um período relativamente curto para verificar maiores alterações devido à degradação nesta propriedade.

5.2.1.3 Resistência à Tração

Os gráficos do ensaio de resistência à tração de todas as amostras, antes e após o envelhecimento, encontram-se no Apêndice B.

5.2.1.3.1 Limite de resistência

Com análise nos resultados de limite de resistência (Tabela 22), todas as amostras antes do envelhecimento apresentaram valores muito próximos, sendo o menor valor encontrado 47,38 MPa e o maior 49,38 MPa. Com base na avaliação gráfica (Figura 23) pode-se concluir que as diferentes concentrações de aditivos não influenciam na resposta de limite de resistência antes do envelhecimento.

Tabela 22. Médias e desvios padrões das análises de limite de resistência, antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Resistência à tração		
	Limite de resistência (MPa)		Variação (%)
	Não envelhecida	Envelhecida	
T0C0N0	46,4 ± 0,2	45,1 ± 3,1	-2,9
T0C05N0	47,1 ± 0,9	26,2 ± 2,8	-44,3
T1C0N0	46,2 ± 0,3	24,0 ± 1,3	-48,1
T1C05N0	46,4 ± 0,3	21,6 ± 2,3	-53,5
T0C0N03	47,5 ± 0,1	48,7 ± 0,5	2,6
T0C0N09	48,1 ± 0,2	49,0 ± 0,3	1,9
T05C05N03	48,3 ± 0,4	37,0 ± 6,4	-23,4
T05C05N09	47,8 ± 0,6	49,9 ± 0,3	4,5
T05C2N03	49,0 ± 0,2	50,2 ± 0,2	2,4
T05C2N09	49,4 ± 0,2	49,7 ± 0,8	0,6
T2C05N03	47,4 ± 0,5	33,7 ± 2,9	-28,9
T2C05N09	48,0 ± 0,4	47,4 ± 1,3	-1,4
T2C2N03	48,9 ± 0,2	40,2 ± 4,2	-17,9
T2C2N09	48,9 ± 1,0	49,7 ± 0,2	1,6
T125C125N06-1	48,2 ± 0,2	49,6 ± 0,3	3,0
T125C125N06-2	48,4 ± 0,3	49,1 ± 0,5	1,5
T125C125N06-3	48,7 ± 0,1	49,5 ± 0,2	1,7

As amostras T0C0N0, T0C05N0, T1C0N0, T1C05N0, T05C05N03, T2C05N03 e T2C05N09 apresentaram perda da propriedade de limite de resistência após o envelhecimento, sendo menos acentuada nas amostras T0C0N0 e T2C05N09 com perdas de 2,9 e 1,4 %, respectivamente. Este grupo de amostras têm em comum baixas concentrações dos aditivos Cyasorb e negro de fumo, ou ausência de um destes ou de ambos nas formulações, com exceção da amostra T2C05N09 que possui maiores concentrações de negro de fumo. Comparando também esta amostra com o conjunto das amostras que após o envelhecimento tiveram perda no limite de resistência, esta foi a que apresentou menor perda. Já para as outras amostras os resultados obtidos após envelhecimento foram maiores que antes do envelhecimento.

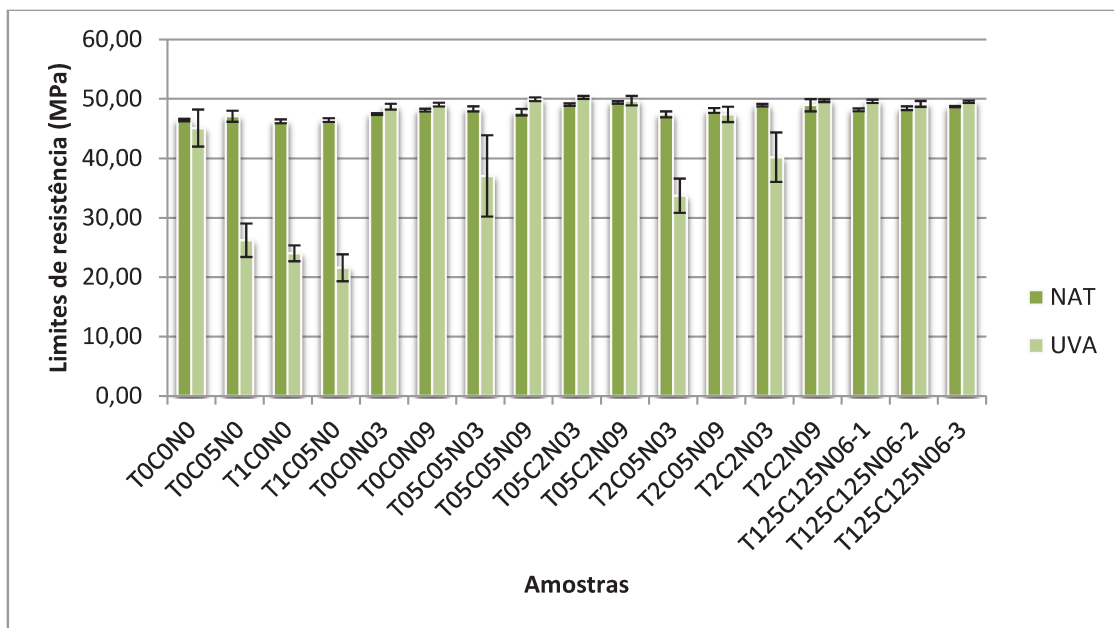


Figura 23. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de limite de resistência.

5.2.1.3.1.1 Análise estatística – limite de resistência antes do envelhecimento

Para o limite de resistência de acordo com a tabela de efeitos (Tabela 23), os fatores Tinuvin e Cyasorb são significativos.

Tabela 23. Tabela de Efeitos para a resposta limite de resistência.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	48,456182	0,063242	766,201906	0,000000	48,328882	48,583481
(1) Tinuvin	-0,305500	0,148316	-2,059795	0,045103	-0,604044	-0,006956
(2) Cyasorb	1,194500	0,148316	8,053763	0,000000	0,895956	1,493044
(3) NF	0,108500	0,148316	0,731547	0,468155	-0,190044	0,407044
1 by 2	0,015500	0,148316	0,104507	0,917222	-0,283044	0,314044
1 by 3	0,215500	0,148316	1,452981	0,153017	-0,083044	0,514044
2 by 3	0,051500	0,148316	0,347232	0,730001	-0,247044	0,350044

Erro puro da média quadrática = 0,2199757; $R^2 = 0,57584$; Ajuste = 0,52282

Com base no gráfico de Pareto (Figura 24) pode-se observar que o Cyasorb é o aditivo mais significativo para esta propriedade, influenciando-a de maneira positiva, enquanto o Tinuvin influencia negativamente.

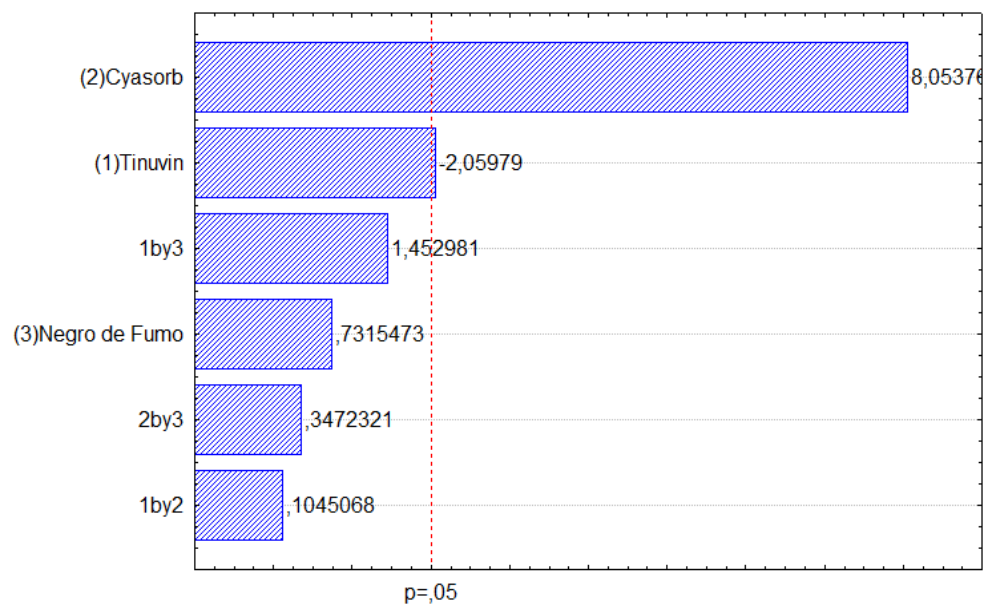


Figura 24. Gráfico de Pareto para a resposta de limite resistência com 95% de confiança.

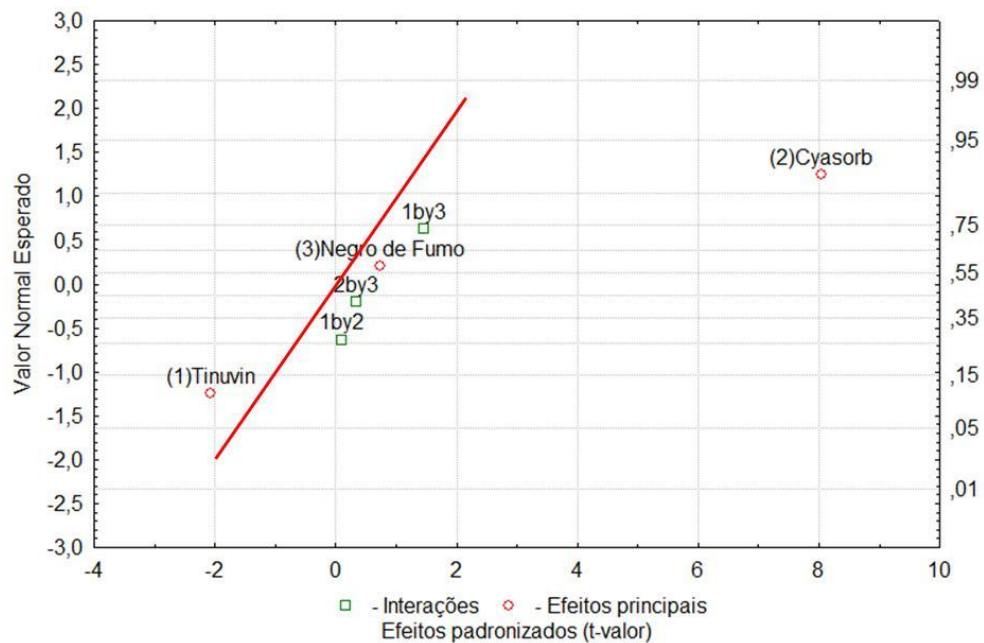


Figura 25. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de limite de resistência.

A análise por gráficos Normais é uma técnica alternativa de distinguir, quais são os fatores que de fato correspondem aos efeitos dos valores devido a ruídos (BRUNS, 2003). Neste caso, o gráfico normal (Figura 25) não coincide com a resposta obtida com a tabela de efeitos,

sendo significativo apenas o aditivo Cyasorb influenciando de maneira positiva na resposta estudada.

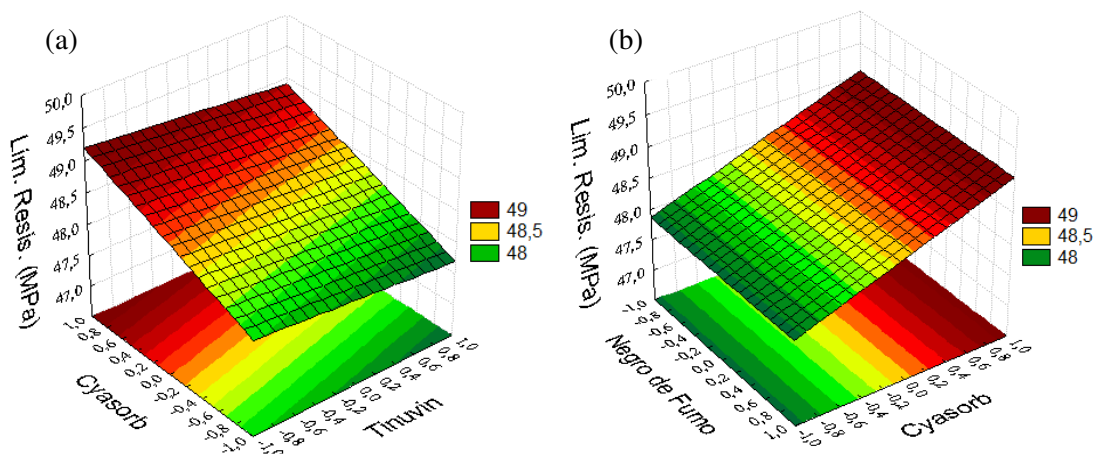


Figura 26. Superfície de resposta para limite de resistência em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b).

Ao analisar os gráficos de superfície (Figura 26) pode-se observar que o Cyasorb influencia na resposta de limite de resistência, de modo que quanto maior a concentração deste nas amostras, maior a resposta. Porém, para concluir ou determinar qual fator interfere na resposta estudada deve-se levar em consideração a maneira com que o teste é realizado, pois no caso do teste de limite resistência (por ensaios de tração) a variação entre as amostras é pequena em relação ao erro observado da própria análise.

5.2.1.3.1.2 Análise estatística – limite de resistência após o envelhecimento

Para resposta de limites de resistência após o envelhecimento, todos os fatores exceto a interação Tinuvin e Cyasorb (1 by 2) são significativos.

O negro de fumo, Cyasorb e a interação entre Tinuvin e negro de fumo (1 by 3) influenciam de forma positiva na resposta, enquanto o Tinuvin e a interação Cyasorb e negro de fumo (2 by 3), influenciam de maneira negativa na resposta.

Tabela 24. Tabela de Efeitos para resposta limite de resistência, após envelhecimento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(68)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	46,0034	0,2941	156,4333	0,0000	45,4166	46,5902
(1) Tinuvin	-3,9843	0,6897	-5,7771	0,0000	-5,3605	-2,6081
(2) Cyasorb	5,4393	0,6897	7,8868	0,0000	4,0631	6,8155
(3) NF	8,8886	0,6897	12,8881	0,0000	7,5124	10,2648
1 by 2	-1,0529	0,6897	-1,5266	0,1315	-2,4291	0,3234
1 by 3	2,7050	0,6897	3,9222	0,0002	1,3288	4,0812
2 by 3	-4,4114	0,6897	-6,3964	0,0000	-5,7876	-3,0352

Erro puro da média quadrática = 6,659045; $R^2 = 0,71187$; Ajuste = 0,68717

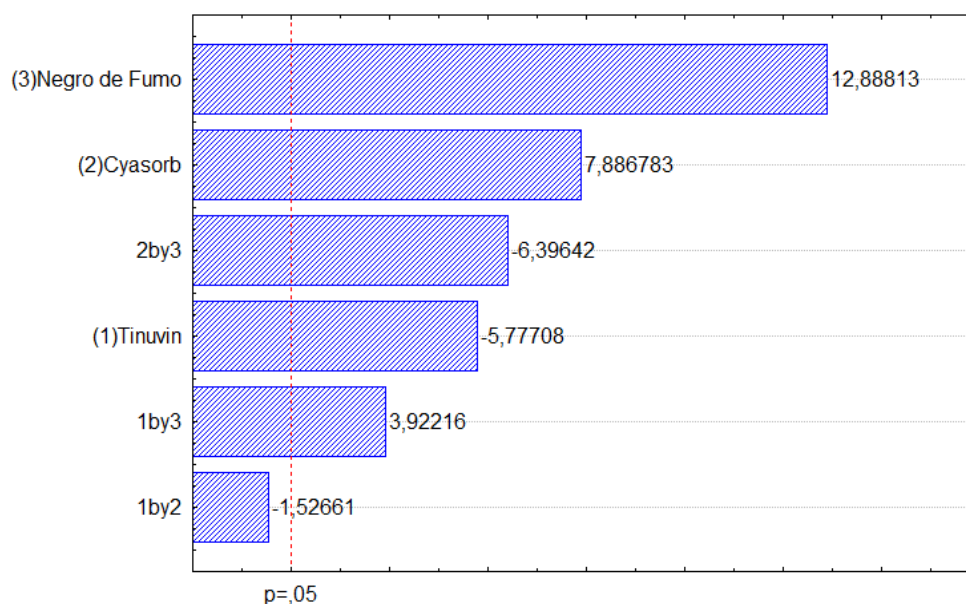


Figura 27. Gráfico de Pareto para a resposta de limite de resistência com 95 % de confiança, após envelhecimento.

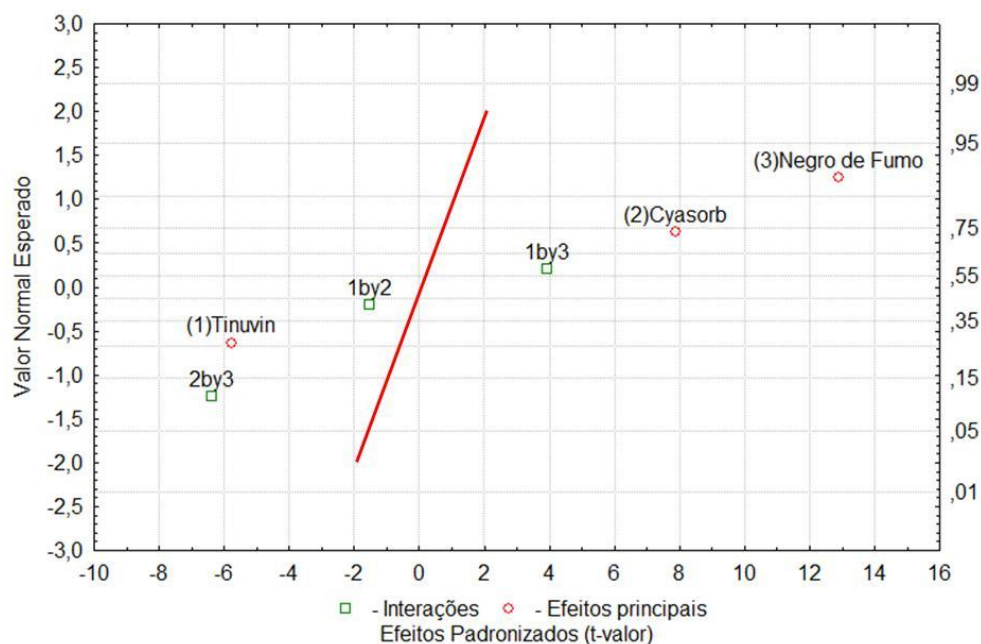


Figura 28. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta limite de resistência.

Pode-se analisar pelos gráficos de Superfície de resposta (Figura 29) que quanto maior a concentração de Cyasorb e negro de fumo, maior a resposta de limite de resistência após o envelhecimento. Ou seja, estes aditivos influenciam de forma a proteger as amostras da radiação UV.

Observa-se também que a interação do negro de fumo com o Tinuvin apresenta melhor influência na resposta indicando que o efeito conjunto destes é mais eficiente do que entre Tinuvin e Cyasorb. O que reforça a resposta do Pareto, que aponta o negro de fumo como o aditivo mais significativo de forma positiva para o limite de resistência.

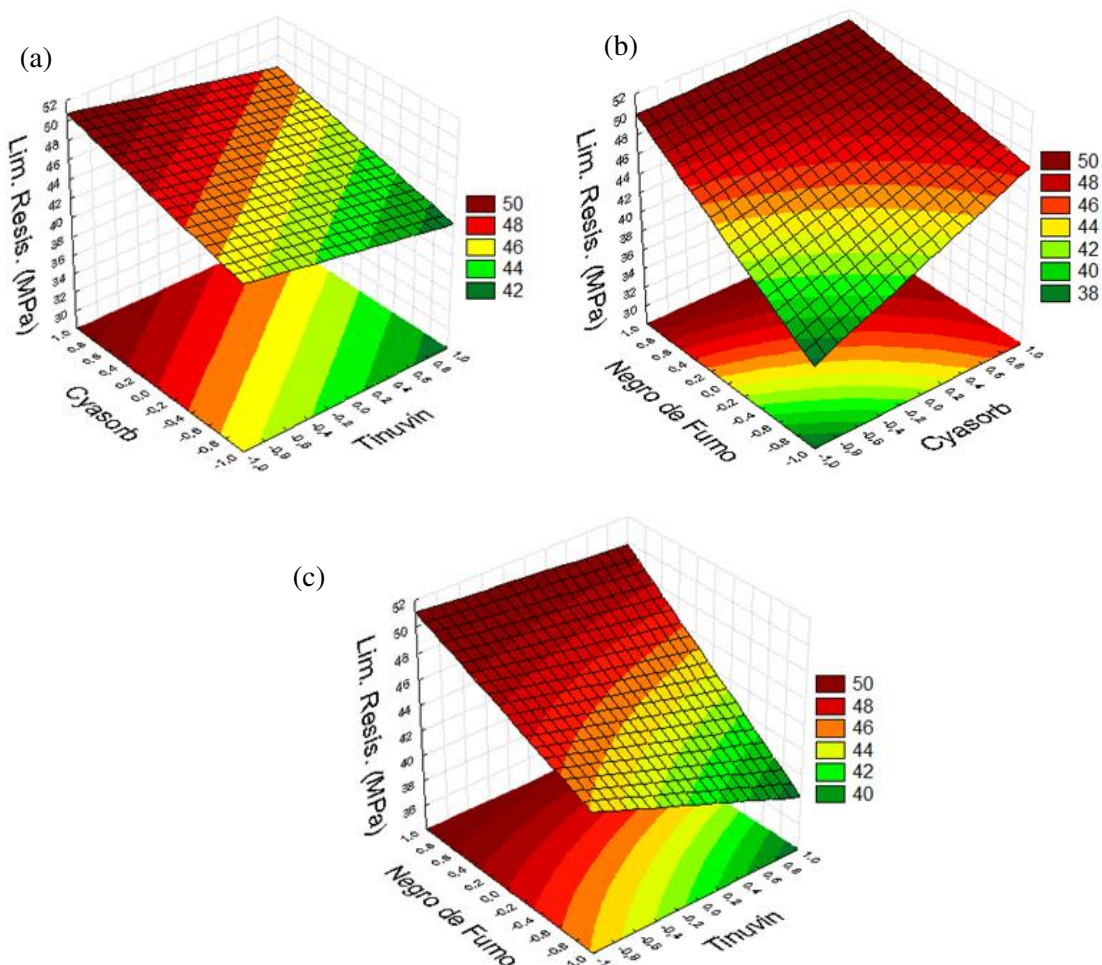


Figura 29. Superfície de resposta para limite de resistência em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).

5.2.1.3.1.3 Considerações Gerais

Os resultados de limite de resistência para as amostras antes do envelhecimento foram muito próximos apresentando baixas variações entre as formulações.

Após o envelhecimento, de acordo com análise estatística, os aditivos anti UV interagiram de forma positiva com o negro de fumo, quanto à proteção do polímero contra a radiação ultravioleta.

Algumas amostras tiveram aumento no limite de resistência após o envelhecimento, mas não possível correlacionar este fato à concentração de aditivos nas amostras.

5.2.1.3.2 Alongamento

Os resultados de alongamento (Tabela 25 e Figura 30) apresentaram valores médios muito distintos para cada amostra, sendo difícil uma avaliação lógica destes em relação à concentração dos aditivos, principalmente quando se leva em consideração o desvio padrão relativamente alto das respostas. Porém é possível observar que a perda desta propriedade é bastante pronunciada entre antes e após o envelhecimento.

Tabela 25. Médias e desvios padrões das análises de alongamento, antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Resistência à tração		
	Alongamento (%)		Variação (%)
	Não envelhecida	Envelhecida	
T0C0N0	11,1 ± 1,5	5,2 ± 0,6	-53,4
T0C05N0	11,5 ± 1,2	3,1 ± 0,2	-73,3
T1C0N0	13,7 ± 2,4	2,8 ± 0,3	-79,8
T1C05N0	9,9 ± 1,4	2,5 ± 0,1	-74,6
T0C0N03	14,8 ± 1,8	7,6 ± 1,3	-49,0
T0C0N09	24,4 ± 6,1	10,6 ± 2,8	-56,3
T05C05N03	17,7 ± 7,5	4,0 ± 0,7	-77,2
T05C05N09	15,2 ± 1,8	9,5 ± 2,6	-37,7
T05C2N03	12,8 ± 2,0	6,5 ± 1,2	-49,3
T05C2N09	17,5 ± 2,9	9,8 ± 4,1	-43,9
T2C05N03	14,6 ± 7,9	4,3 ± 0,3	-70,5
T2C05N09	22,8 ± 9,3	6,2 ± 0,4	-72,6
T2C2N03	15,8 ± 2,7	5,0 ± 0,4	-68,6
T2C2N09	15,7 ± 6,6	9,2 ± 2,1	-41,2
T125C125N06-1	23,7 ± 4,8	7,8 ± 2,3	-67,1
T125C125N06-2	18,6 ± 1,6	10,0 ± 3,0	-46,3
T125C125N06-3	20,1 ± 3,3	8,0 ± 1,3	-60,3

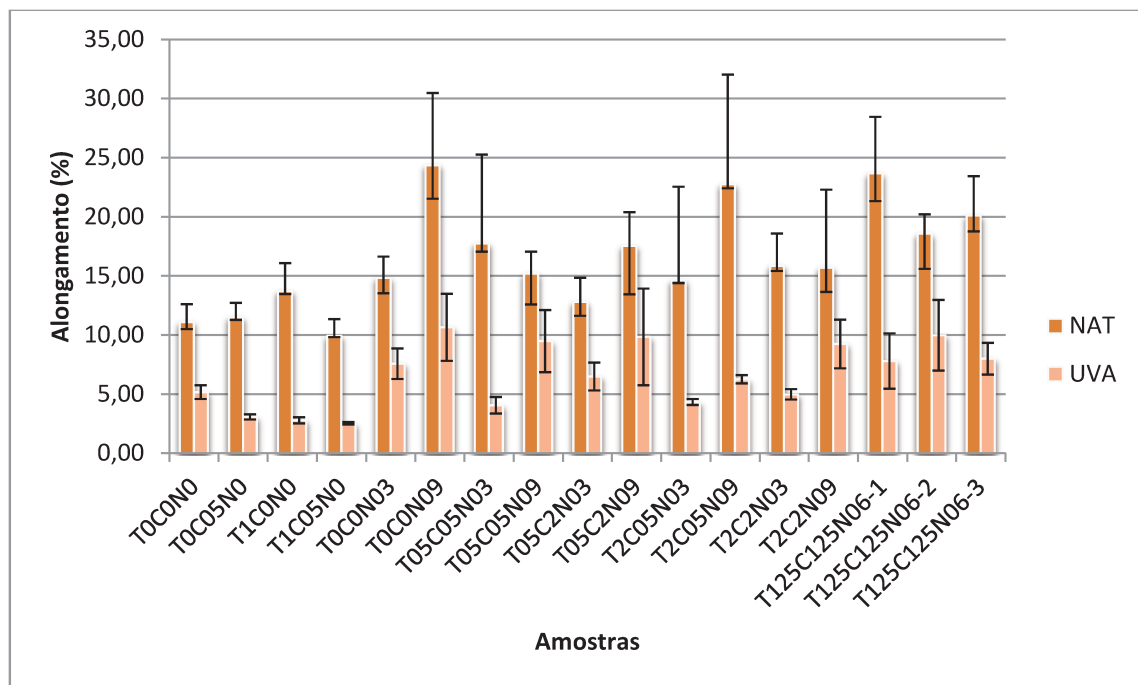


Figura 30. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de alongamento.

5.2.1.3.2.1 Análise estatística – alongamento antes do envelhecimento

Nenhum efeito foi considerado significativo para a resposta de alongamento, o que pode ser observado tanto na tabela de efeitos quanto nos gráficos. O valor de erro puro da média quadrática é alto (28,28863) e o R^2 , coeficiente de determinação, apresentou um valor muito baixo (0,08712), uma vez que quanto mais próximo de 1 o valor de R^2 estiver, melhor é o modelo. Isto indica que este tipo de análise estatística não atende à resposta de alongamento, podendo ser proposta outra forma de avaliação da significância. Outro fator importante a ser considerado é o alto desvio padrão dos resultados, o que aumenta o erro para a avaliação estatística.

Tabela 26. Tabela de Efeitos para a resposta de alongamento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	17,680364	0,717174	24,652819	0,000000	16,236767	19,123960
(1) Tinuvin	1,416000	1,681922	0,841894	0,404203	-1,969534	4,801534
(2) Cyasorb	-2,120000	1,681922	-1,260462	0,213859	-5,505534	1,265534
(3) NF	2,540000	1,681922	1,510177	0,137838	-0,845534	5,925534
1 by 2	-0,800000	1,681922	-0,475646	0,636578	-4,185534	2,585534
1 by 3	1,444000	1,681922	0,858541	0,395045	-1,941534	4,829534
2 by 3	-0,250000	1,681922	-0,148639	0,882488	-3,635534	3,135534

Erro puro da média quadrática = 28,28863; $R^2 = 0,08712$; Ajuste = 0

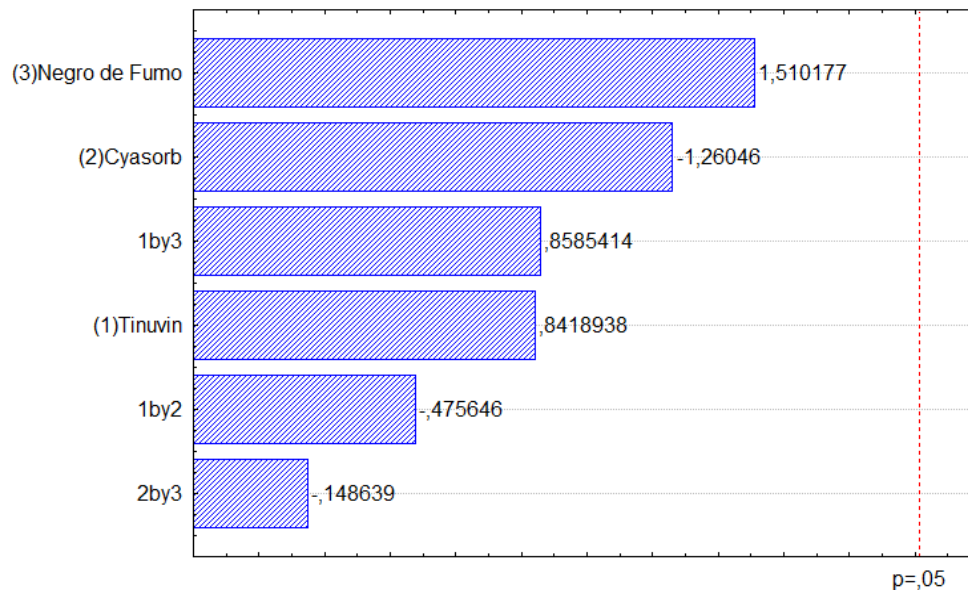


Figura 31. Gráfico de Pareto para a resposta de alongamento com 95% de confiança.

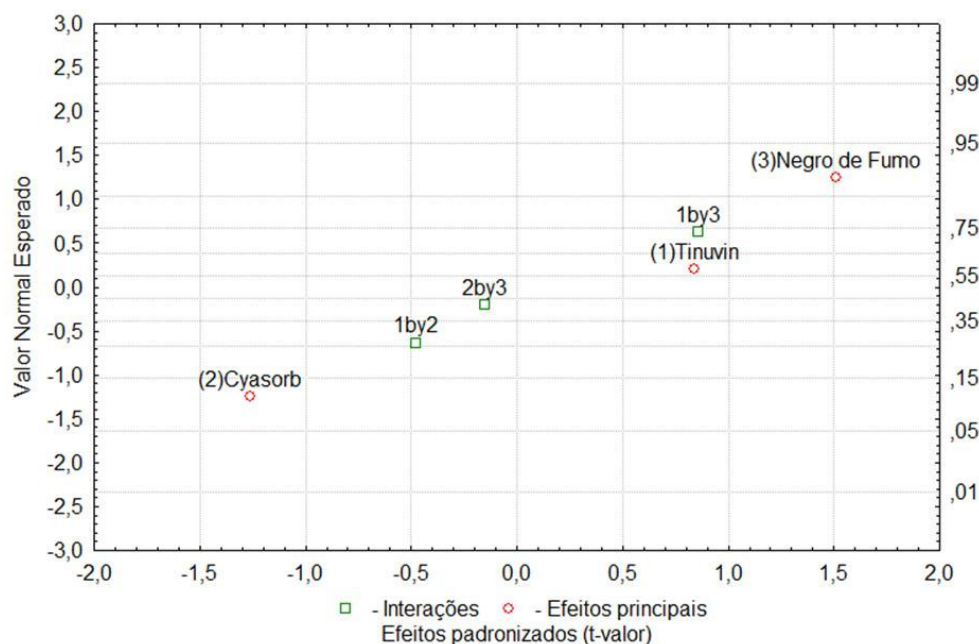


Figura 32. Gráfico Normal dos efeitos para a alongamento.

5.2.1.3.2.2 Análise estatística – alongamento após envelhecimento

Para o alongamento após o envelhecimento, com análise na Tabela 27 e Figura 33, os fatores negro de fumo e Cyasorb são significativos de forma positiva, e o Tinuvin é significativo de maneira negativo.

Tabela 27. Tabela de Efeitos para a resposta de alongamento, após envelhecimento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(68)	p	Intervalo de confiança	
					-95 %	95 %
Média	7,3009	0,2389	30,5668	0,0000	6,8243	7,7775
(1) Tinuvin	-1,2643	0,5602	-2,2570	0,0272	-2,3821	-0,1465
(2) Cyasorb	1,6086	0,5602	2,8717	0,0054	0,4908	2,7263
(3) NF	3,7407	0,5602	6,6780	0,0000	2,6229	4,8585
1 by 2	0,2107	0,5602	0,3762	0,7080	-0,9071	1,3285
1 by 3	-0,6500	0,5602	-1,1604	0,2499	-1,7678	0,4678
2 by 3	0,0614	0,5602	0,1097	0,9130	-1,0563	1,1792

Erro puro da média quadrática = 4,392838; $R^2 = 0,41836$; Ajuste = 0,36851

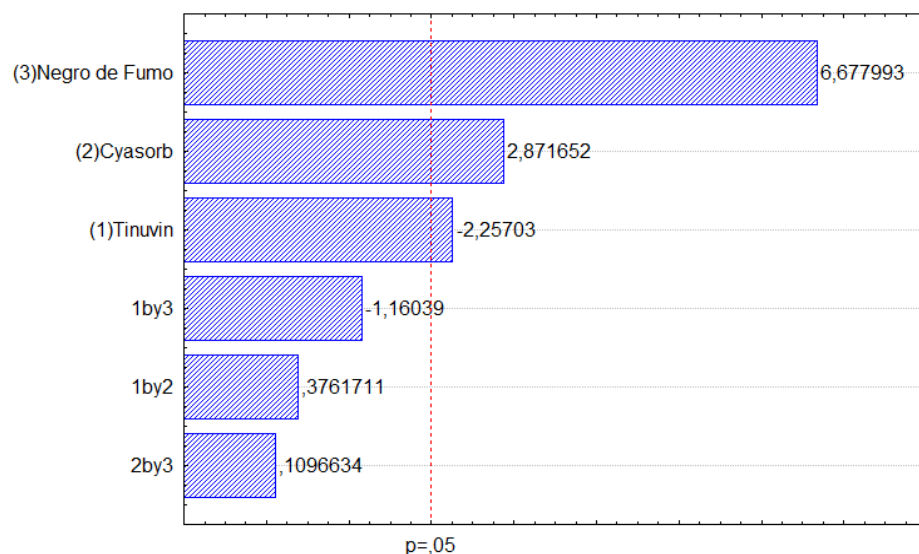


Figura 33. Gráfico de Pareto para a resposta de alongamento com 95 % de confiança, após envelhecimento.

Porém pela análise do gráfico Normal, apenas Cyasorb e negro de fumo são estatisticamente significativos com influências positivas para a resposta de alongamento após o envelhecimento.

Conclui-se que a adição destes aditivos nas formulações contribui para melhor manutenção da propriedade quando o material sofre degradação por fotooxidação.

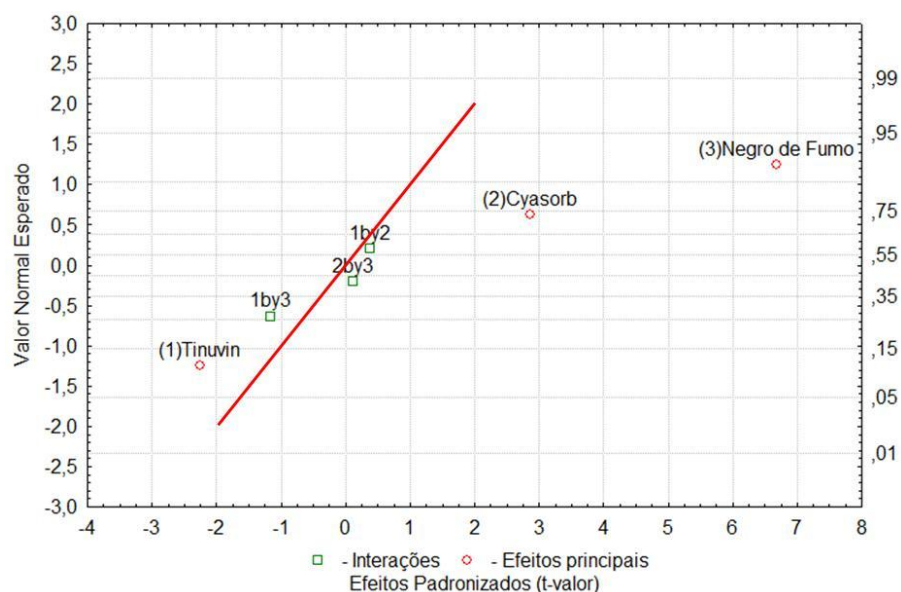


Figura 34. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta alongamento.

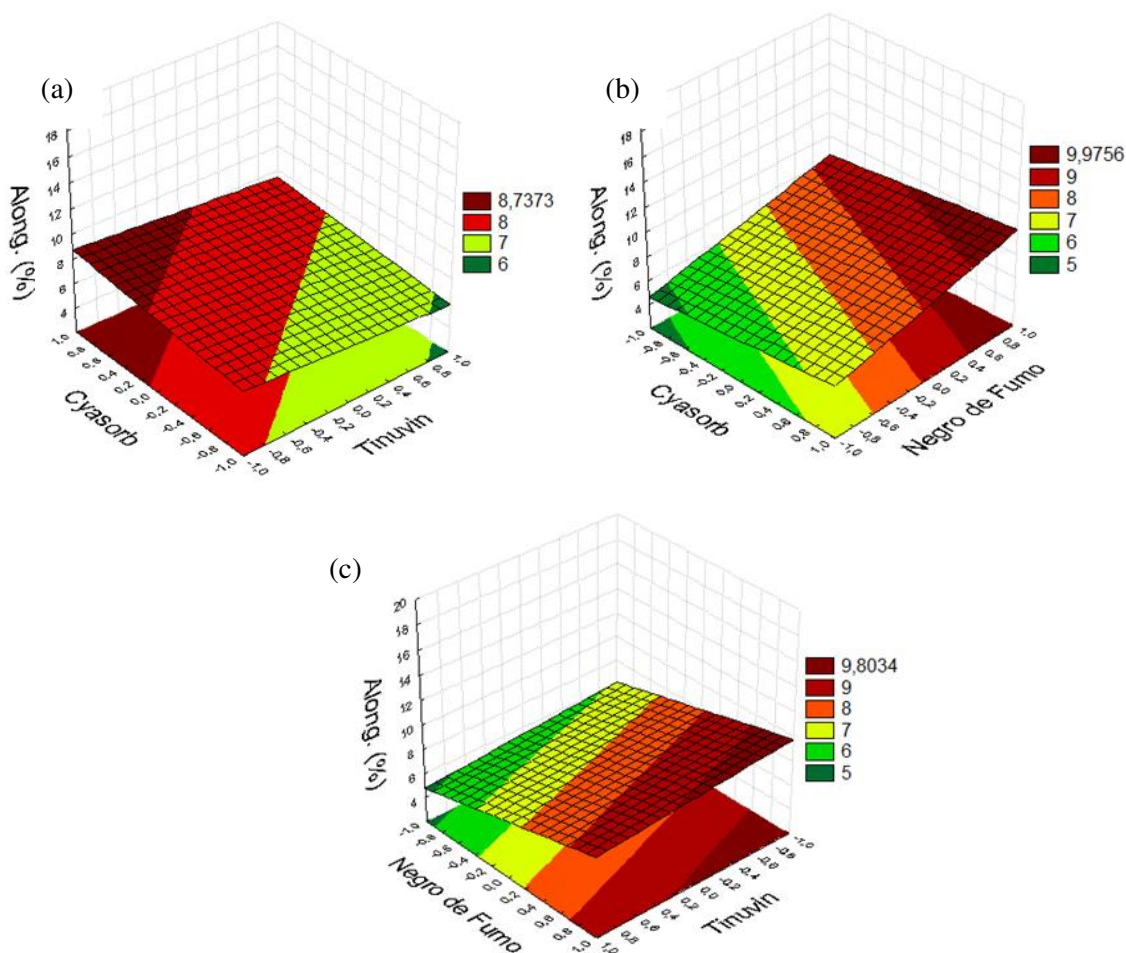


Figura 35. Superfície de resposta para alongamento em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).

Com análise nos gráficos de Superfície (Figura 35) observa-se que quanto maior a concentração de Cyasorb e negro de fumo combinados com menores concentrações de Tinuvin apresentam maiores respostas de alongamento.

Deve ser levado em consideração que para esta análise, não obtivemos um coeficiente de determinação (R^2) bom, sendo que o modelo matemático não permite descrever o comportamento do alongamento na ruptura além das concentrações de aditivos aqui estudadas.

Estes mesmos fatores também foram estatisticamente significativos para a resposta de limite de resistência.

5.2.1.3.2.3 Considerações Gerais – Alongamento

Embora a degradação ocorra inicialmente na superfície dos materiais, a radiação UV causa danos no interior da amostra que conseqüentemente levam à perda de propriedades mecânicas. Se após ensaios de envelhecimento o polímero perder 50 % de seu valor inicial da propriedade de alongamento, o material é considerado não adequado para qualquer aplicação. A fotodegradação do componente butadieno é considerada a principal razão da perda de propriedades mecânicas do polímero ABS (SANTOS *et. al.*, 2010b).

A propriedade de alongamento apresentou um comportamento mais sensível à radiação pois, os valores associados a esta resposta diminuíram consideravelmente para todas as amostras. O mesmo comportamento foi observado por Sanchez (2006), em um estudo da blenda PC/PBT onde a propriedade de alongamento apresentou quedas consideráveis após envelhecimento acelerado de 15 dias. Após 30 dias o material havia perdido aproximadamente 94 % desta propriedade. Esta perda na propriedade de alongamento após o envelhecimento também foi observada por outros autores (SANTOS *et. al.* 2013; SANTOS *et. al.*, 2010b).

Neste estudo a maior perda de propriedade foi da amostra T1C0N0 de aproximadamente 80 %, e a menor foi da amostra T05C05N09 com perda de aproximadamente 38 %. De acordo com Santos *et. al.* (2010b) a perda da propriedade de alongamento pode ser devido à cisão de cadeias e formação de rachaduras no polímero em consequência do envelhecimento, o que afeta o polímero deixando-o mais frágil associado a sua rigidez, este comportamento pode ser observado com a diminuição do alongamento.

O fato de os aditivos negro de fumo e Cyasorb serem estatisticamente significativos de maneira positiva para a propriedade de alongamento indica que estes contribuem na manutenção da mesma. De forma que, como absorvedores, estes aditivos tem a função de absorver a energia radiada da luz ultravioleta e transformá-la em energia de comprimento de onda não prejudicial ao polímero, sendo estes os primeiros aditivos a reagirem contra a fotodegradação, e o HALS por sua vez age com as espécies reativas formadas no início do processo de degradação.

5.2.1.3.3 Módulo de elasticidade

Para o módulo de elasticidade, todas as amostras apresentaram valores muito próximos, antes e após envelhecimento (Tabela 28). O que indica que o envelhecimento acelerado não afetou esta propriedade. Em algumas amostras pode-se observar que após envelhecimento houve um pequeno aumento no módulo de elasticidade, indicando que as amostras ficaram levemente mais rígidas devido ao processo de degradação.

Tabela 28. Médias e desvios padrões das análises de módulo de elasticidade, antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Resistência à tração		
	Módulo de Elasticidade (MPa)		Variação (%)
	Não envelhecida	Envelhecida	
T0C0N0	792,6 ± 10,6	880,1 ± 14,7	11,0
T0C05N0	789,8 ± 14,2	718,6 ± 49,8	-9,0
T1C0N0	779,0 ± 13,3	690,0 ± 14,4	-11,4
T1C05N0	766,4 ± 7,2	660,2 ± 42,8	-13,9
T0C0N03	830,0 ± 9,2	890,7 ± 7,7	7,3
T0C0N09	808,7 ± 18,0	903,3 ± 13,4	11,7
T05C05N03	846,3 ± 7,5	843,1 ± 51,5	-0,4
T05C05N09	831,8 ± 4,1	904,9 ± 11,7	8,8
T05C2N03	848,0 ± 3,8	919,4 ± 6,4	8,4
T05C2N09	853,8 ± 7,8	917,4 ± 12,4	7,4
T2C05N03	830,1 ± 8,8	786,3 ± 32,3	-5,3
T2C05N09	845,4 ± 12,4	883,5 ± 13,8	4,5
T2C2N03	854,7 ± 5,4	843,0 ± 37,3	-1,4
T2C2N09	856,9 ± 9,9	909,2 ± 6,9	6,1
T125C125N06-1	828,1 ± 15,6	909,5 ± 10,1	9,8
T125C125N06-2	821,9 ± 6,5	896,4 ± 12,4	9,1
T125C125N06-3	827,6 ± 6,7	916,2 ± 11,1	10,7

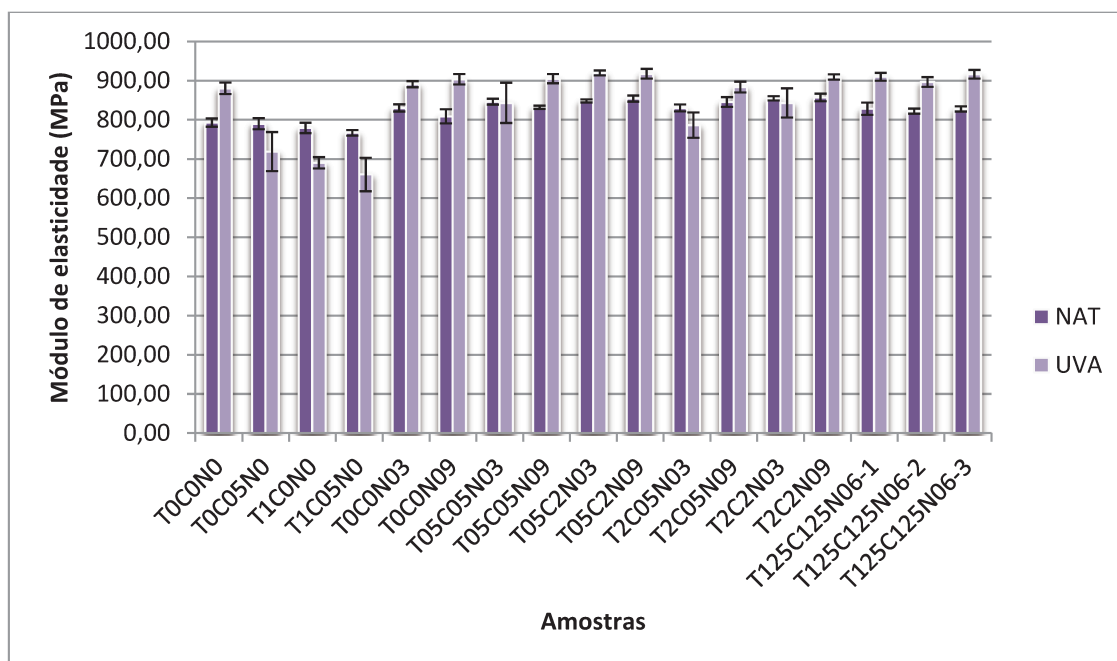


Figura 36. Resultados médios e desvios padrão do ensaio de módulo de elasticidade.

5.2.1.3.3.1 Análise estatística – módulo de elasticidade antes do envelhecimento

Com análise na tabela de efeitos (Tabela 29) e gráfico de Pareto (Figura 37) o aditivo Cyasorb e o fator de interação entre os efeitos principais Tinuvin e negro de fumo são significativos para a resposta de módulo de elasticidade com influência positiva.

Tabela 29. Tabela de Efeitos para a resposta de módulo de elasticidade.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(46)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	840,408182	1,171162	717,584930	0,000000	838,050755	842,765609
(1) Tinuvin	1,766500	2,746618	0,643155	0,523317	-3,762156	7,295156
(2) Cyasorb	14,982500	2,746618	5,454890	0,000002	9,453844	20,511156
(3) NF	2,206500	2,746618	0,803352	0,425903	-3,322156	7,735156
1 by 2	3,074500	2,746618	1,119377	0,268791	-2,454156	8,603156
1 by 3	6,538500	2,746618	2,380564	0,021485	1,009844	12,067156
2 by 3	1,770500	2,746618	0,644611	0,522381	-3,758156	7,299156

Erro puro da média quadrática = 75,43912; $R^2 = 0,25217$; Ajuste = 0,15869

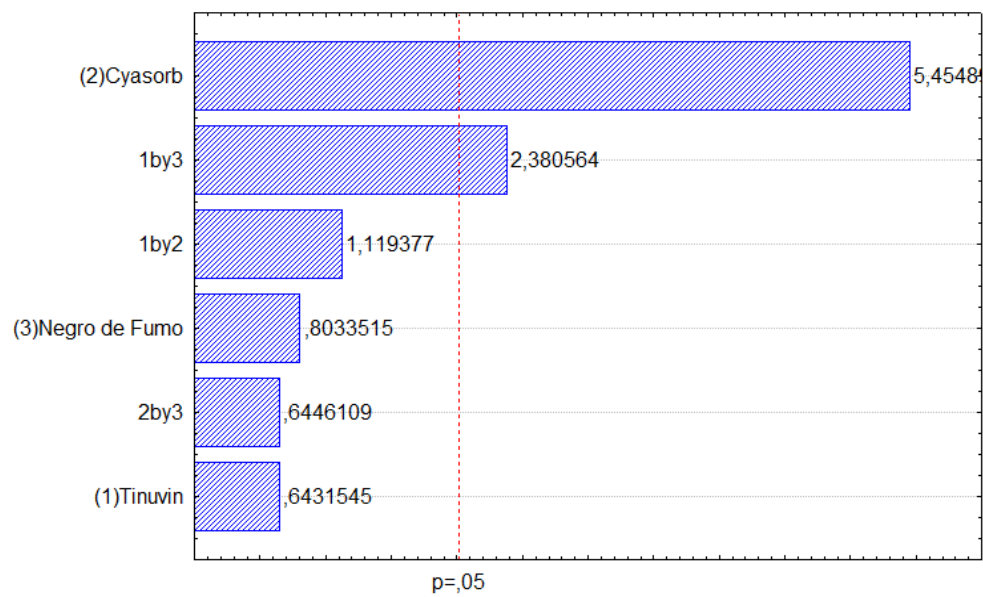


Figura 37. Gráfico de Pareto para a resposta de módulo de elasticidade com 95% de confiança.

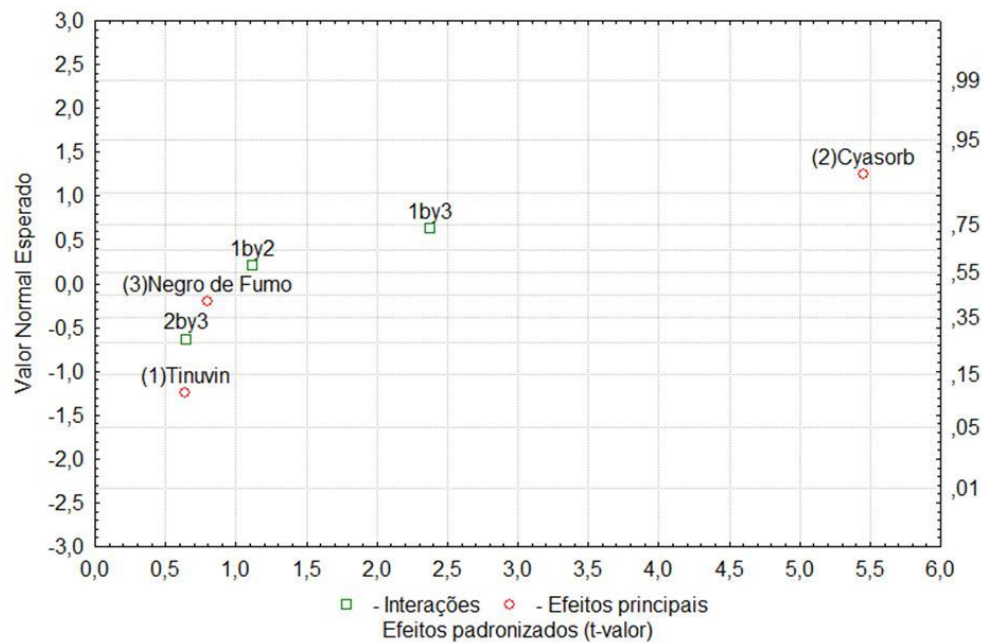


Figura 38. Gráfico Normal dos efeitos para o módulo de elasticidade.

Contudo, esta análise é comprometida quando analisado o erro puro da média quadrática, com valor muito alto (75,43912). Para esta resposta deve-se considerar também a influência do desvio padrão relativamente alto dos resultados. Para esta propriedade a análise estatística

utilizada não é adequada, sendo necessário ajuste do modelo ou uma quantidade maior de amostras a serem analisadas.

5.2.1.3.3.2 Análise estatística – módulo de elasticidade após envelhecimento

Os fatores negro de fumo, Cyasorb e a interação Tinuvin e negro de fumo (1 by 3) apresentaram influência positiva sob a resposta estudada, e os fatores Tinuvin e a interação Cyasorb e negro de fumo influenciam de maneira negativa.

A significância destes fatores para a resposta de módulo de elasticidade são as mesmas encontradas no teste de limite resistência, também após envelhecimento.

Assim como antes do envelhecimento, após do envelhecimento o erro puro da média quadrática para a análise dos resultados de módulo de elasticidade apresentou um valor muito alto (553,0438), e desvios padrão também altos. Pode-se concluir que para estes dados o modelo estatístico utilizado não é adequado.

Tabela 30. Tabela de Efeitos para a resposta de módulo de elasticidade, após envelhecimento.

Fatores	Efeitos	Erro Puro	t(68)	p	Intervalo de confiança	
					-95%	95%
Média	884,4429	2,6800	330,0163	0,0000	879,0950	889,7907
(1) Tinuvin	-40,7182	6,2852	-6,4785	0,0000	-53,2600	-28,1764
(2) Cyasorb	42,8082	6,2852	6,8110	0,0000	30,2664	55,3500
(3) NF	55,7732	6,2852	8,8738	0,0000	43,2314	68,3150
1 by 2	-1,6146	6,2852	-0,2569	0,7980	-14,1565	10,9272
1 by 3	25,8718	6,2852	4,1163	0,0001	13,3300	38,4136
2 by 3	-23,6989	6,2852	-3,7706	0,0003	-36,2408	-11,1571

Erro puro da média quadrática = 553,0438; $R^2 = 0,67118$; Ajuste = 0,64299

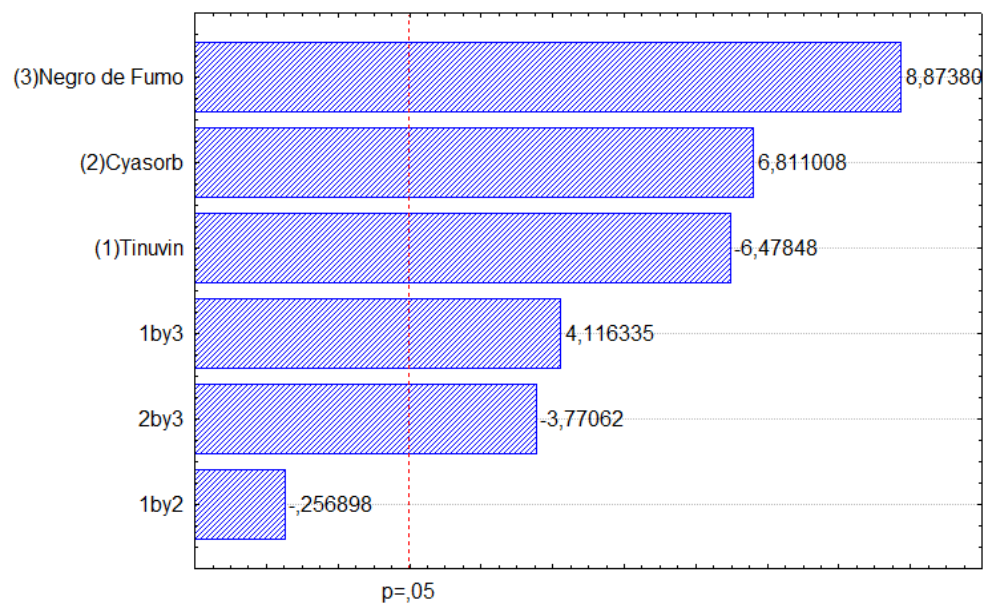


Figura 39. Gráfico de Pareto para a resposta de módulo de elasticidade com 95 % de confiança, após envelhecimento.

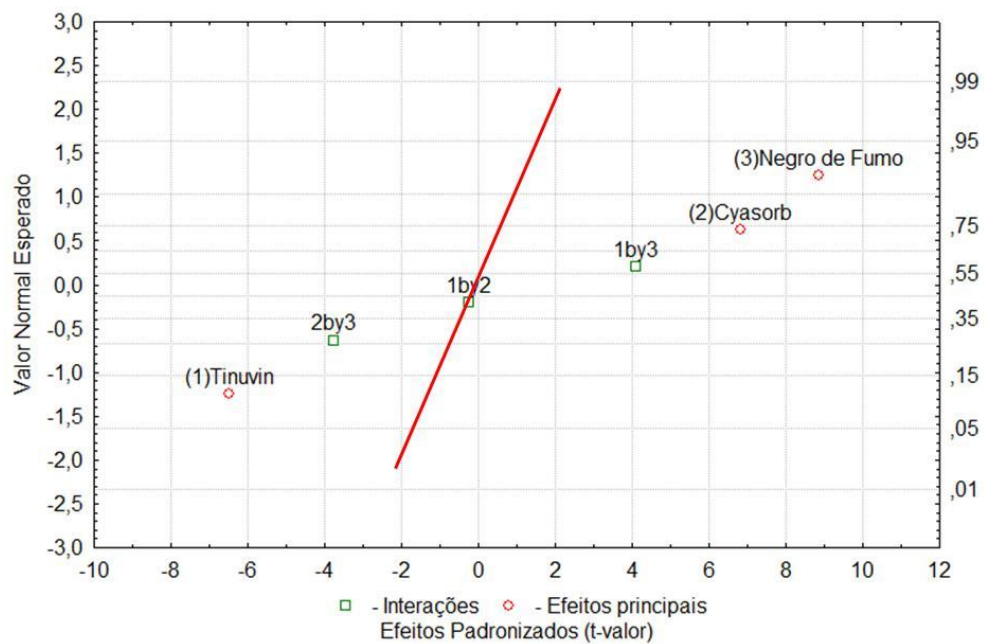


Figura 40. Gráfico Normal dos efeitos para a resposta de módulo de elasticidade.

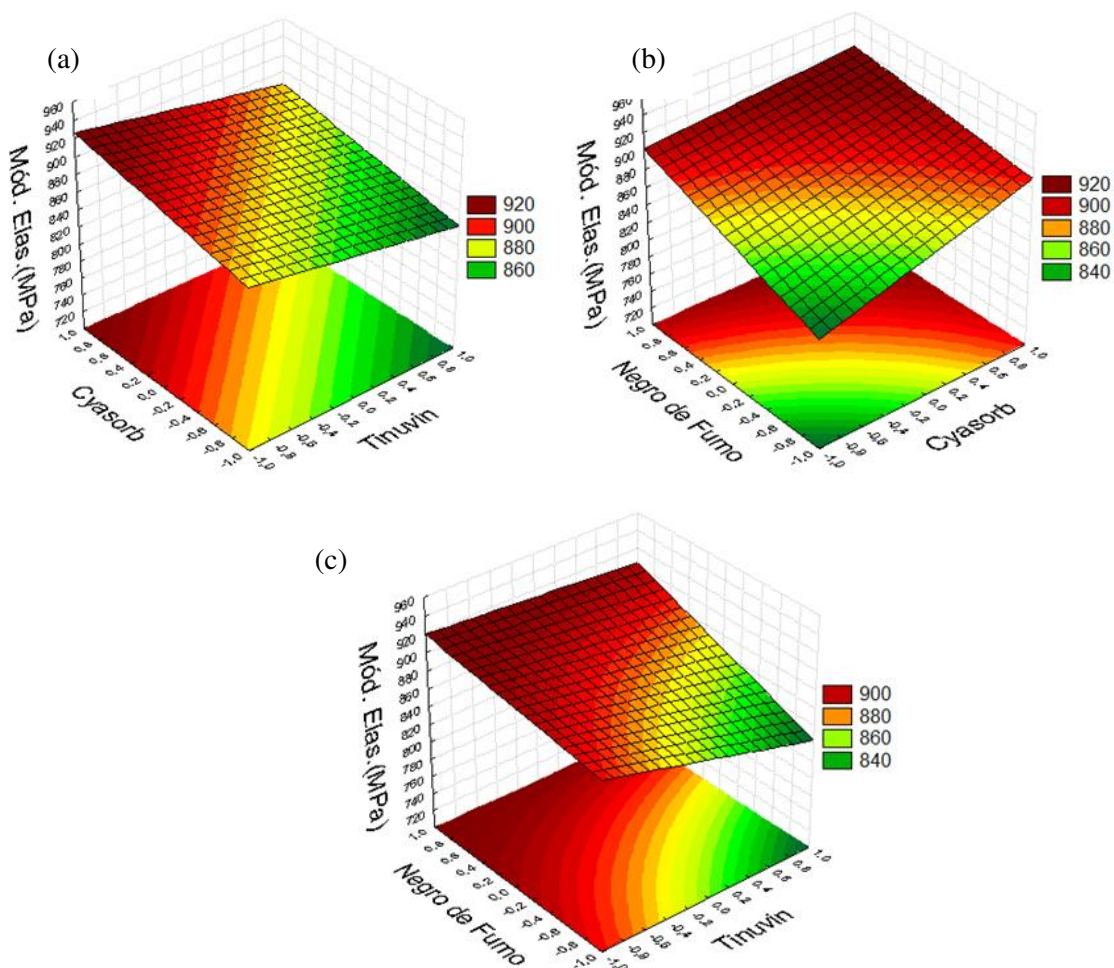


Figura 41. Superfície de resposta para módulo de elasticidade em função da concentração de Tinuvin e Cyasorb (a), negro de fumo e Cyasorb (b), negro de fumo e Tinuvin (c).

Pelos gráficos de Superfície de resposta pode-se observar que quanto maior a concentração de Cyasorb e negro de fumo, maior a resposta de módulo de elasticidade.

5.2.1.3.3 Considerações Gerais – Módulo de elasticidade

Um aumento no módulo de elasticidade indica aumento na rigidez do polímero, o que pode estar associado a uma possível fragilidade do material após o envelhecimento, provavelmente devido à perda de flexibilidade da fase elastomérica. Este comportamento também pode ser observado pela diminuição do alongamento.

5.2.1.3.4 Considerações Gerais – Resistência à tração

Para todas as propriedades analisadas no ensaio de resistência à tração, os aditivos negro de fumo e Cyasorb apresentaram influência estatisticamente significativa de maneira positiva após envelhecimento. Ou seja, para estas propriedades, após o ensaio de envelhecimento acelerado, estes aditivos atuaram nas formulações de forma a proteger o polímero da degradação por radiação UV. De forma que, quanto maior a concentração destes aditivos nas formulações maior a resposta de limite de resistência, alongamento e módulo de elasticidade. Esta afirmação também pode ser observada na Figura 42, onde são apresentadas as curvas representativas obtidas das formulações T05C05N03, T125C125N06 e T2C2N09, das amostras com comportamento intermediário de suas quintuplicatas. As curvas originais são apresentadas no APÊNDICE B.

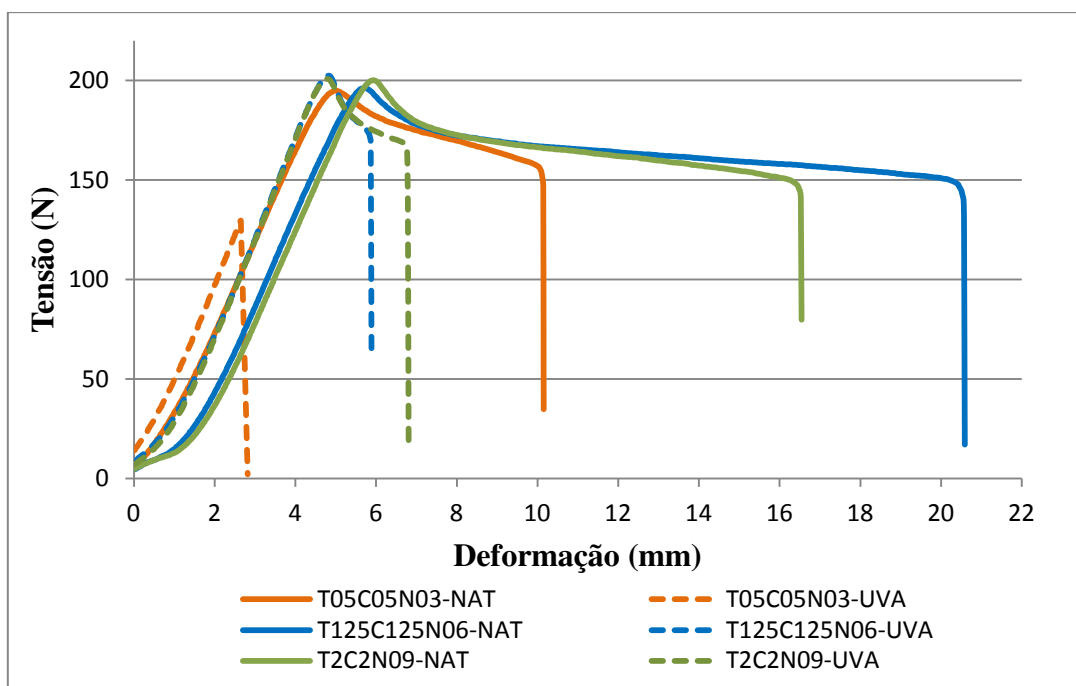


Figura 42. Gráfico representativo de resistência à tração das amostras T05C05N03, T125C125N06 e T2C2N09 antes e após o envelhecimento acelerado.

Com avaliação no gráfico das curvas de tração (Figura 42), pode-se observar que a amostra T05C05N03 após o envelhecimento apresentou maior perda em sua propriedade de alongamento comparada com as amostras que possuem maiores teores de aditivos. Nas amostras

T125C125N06 e T2C2N09 também houve diminuição no alongamento, porém foram menos prejudicadas comparadas à amostra T05C05N03. Pode-se concluir que os aditivos adicionados às formulações em maiores concentrações contribuíram de maneira positiva na manutenção da propriedade de alongamento do polímero.

Não foi possível concluir uma correlação entre as amostras que apresentaram aumento no limite de resistência, menor perda de alongamento e aumento no módulo de elasticidade.

O R^2 baixo e erro puro da média quadrática muito elevado de todas as análises do ensaio de tração indicam falta de ajuste, o que quer dizer que o modelo matemático utilizado para a realização da análise estatística apresenta resultados significativos porém não preditivos, ou seja, os resultados são confiáveis apenas nas faixas de concentrações aqui estudadas, para expandir estas concentrações um novo modelo matemático deve ser proposto, alterando o planejamento experimental.

4.2.2 Caracterização das amostras

As análises de caracterização foram realizadas para entender os efeitos que as diferentes concentrações de aditivos causaram no polímero ABS conforme observado nos testes de ponto de amolecimento Vicat, resistência ao impacto IZOD e resistência à tração.

4.2.2.1 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

As curvas obtidas por DSC do segundo aquecimento (-140 °C a 170 °C) para as diferentes formulações de ABS encontram-se no Apêndice C. Pelas Figuras 43 e 44 é possível identificar a temperatura de transição vítrea (T_g) das amostras antes e após envelhecimento, respectivamente. As Tabelas 31 e 32 apresentam os valores de T_g obtidos da fase elastomérica (Poli-butadieno – PB) e vítrea (Poli-acrilonitrila/Poli-estireno – SAN) do ABS antes e após envelhecimento, respectivamente.

O objetivo desta análise foi avaliar a influência das concentrações dos aditivos Tinuvin 770, Cyasorb 5411 e negro de fumo, na T_g do ABS.

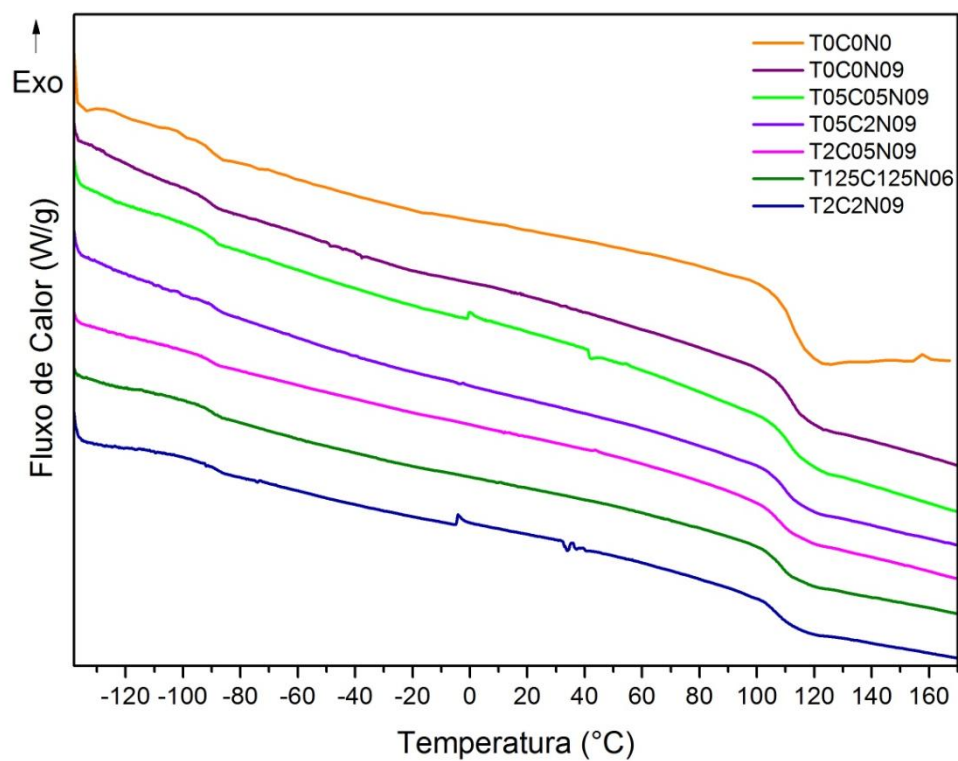


Figura 43. Curvas de transição vítrea das amostras antes do envelhecimento.

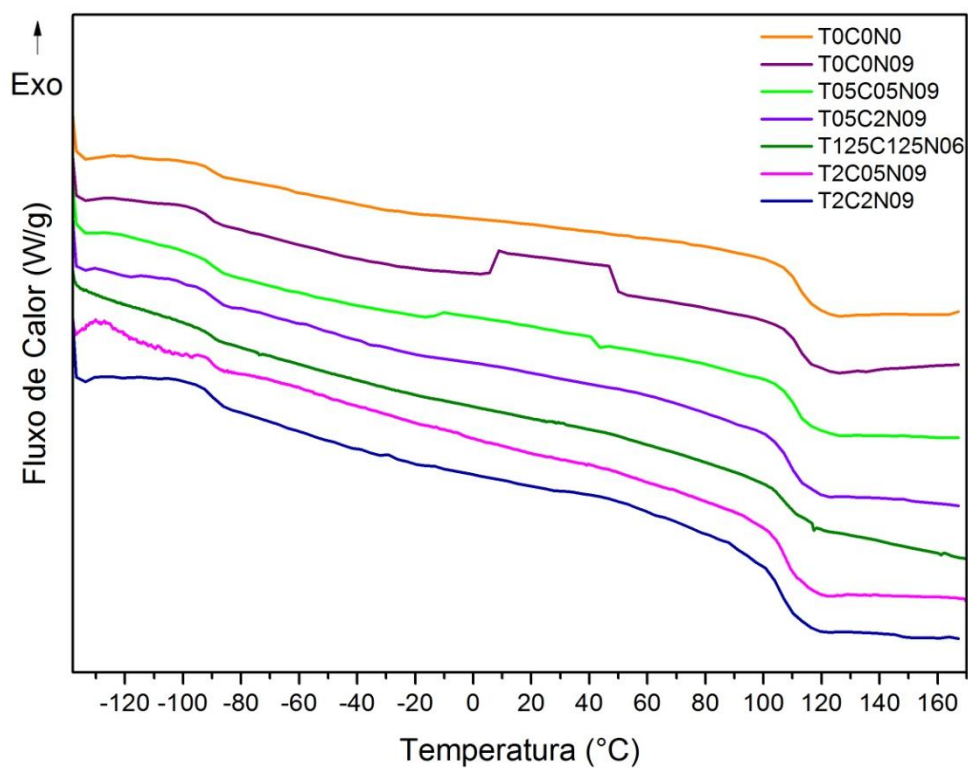


Figura 44. Curvas de transição das amostras após envelhecimento.

Tabela 31. Propriedades térmicas do ABS não envelhecido.

Amostras - Natural	Tg (PB) - °C	Tg (SAN) - °C
T0C0N0	-90	112
T0C0N09	-91	112
T05C05N09	-90	111
T05C2N09	-89	110
T125C125N06 - 2	-90	109
T2C05N09	-90	109
T2C2N09	-91	108

Tabela 32. Propriedades térmicas do ABS após envelhecimento.

Amostras - UVA	Tg (PB) - °C	Tg (SAN) - °C
T0C0N0	-90	112
T0C0N09	-91	113
T05C05N09	-90	112
T05C2N09	-90	110
T125C125N06 - 2	-90	109
T2C05N09	-91	109
T2C2N09	-90	107

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 31 e 32, a fase do polibutadieno não apresentou alterações significativas nos resultados de Tg entre as formulações, tanto para as amostras não envelhecidas quanto para as amostras envelhecidas. Já na fase vítrea (SAN) a amostra T0C0N0 apresentou Tg= 112 °C, enquanto a amostra com maior concentração de todos os aditivos T2C2N09 apresentou Tg=108 °C, uma diferença de 4 °C entre as duas amostras antes do envelhecimento.

Após envelhecimento, a diferença na Tg para estas mesmas formulações, T0C0N0 e T2C2N09, foi de aproximadamente 5 °C, ou seja, independente da amostra ser não envelhecida ou envelhecida, a Tg das amostras diminuiu com o aumento da concentração de aditivos anti UV nas formulação. O que pode explicar o comportamento de diminuição do ponto de amolecimento das amostras com a adição dos aditivos, observado no teste de Vicat. Os resultados obtidos foram de diminuição de aproximadamente 4 °C para as amostras não envelhecidas e 5 °C para as amostras após o envelhecimento, resultados similares aos encontrados pela análise de DSC com diminuição da temperatura de transição vítrea.

Pode-se relacionar a diminuição da Tg das amostras, com a adição e maiores concentrações de aditivos, com o fato de o aditivo Tinuvin 770 possuir o componente sebacato, $(CH_2)_8$, em sua formulação. De acordo com Rabello (2000) o sebacato é um tipo de plastificante recomendado para a preparação de plastisóis de PVC com o intuito de baixar a temperatura de transição vítrea. Na presença de plastificantes os valores de Tg dos polímeros diminuem, e essa diminuição está relacionada com a concentração de plastificantes. Embora o aditivo esteja em pequena concentração nas amostras estudadas, sendo a mínima 0,5 % (m/m) e a máxima de 2 % (m/m), é provável que o composto haja como plastificante diminuindo a Tg das amostras, uma vez que essa diminuição de Tg é também considerada baixa.

Em um estudo de blendas realizado por AOUACHRIA & BENSEMRA, (2006), todas as composições de blendas com plastificantes, de 0 a 50 % (m/m), apresentaram menor Tg comparado com a formulação de blenda rígida. Houve diminuição de aproximadamente 18% da temperatura vítrea, comparando o polímero sem plastificante e com 15 % (m/m) de plastificante na formulação. Neste estudo observou-se também que houve diminuição na temperatura de amolecimento Vicat (AOUACHRIA & BENSEMRA, 2006).

Bonora *et. al* (2002) realizaram um estudo sobre a influência de plastificantes sebacatos no comportamento térmico de lipossomas dipalmitoilfosfatidilcolina (DPPC). Foram adicionados aos lipossomas DPPC diferentes quantidades de 0 a 10 % em massa de dimetilsebacato (DMS), dietilsebacato (DES), dibutilsebacato (DBS) e di-(etilhexil)sebacato (DEHS). As amostras foram estudadas por DSC, e os pesquisadores observaram que em todas as formulações os valores de Tm diminuía de acordo com o aumento das concentrações dos aditivos. Eles sugerem que este fato ocorre devido as interações eletrostática e hidrofóbicas presentes na superfície das regiões dipolo-dipolo entre os grupos C=O dos sebacatos e os grupos C=O e P=O dos lipossomas DPPC (BONORA, et al, 2002).

Comparando-se os resultados de cada formulação antes e após o envelhecimento, pode-se observar que houve pouca, ou nenhuma, diferença na temperatura de transição vítrea das amostras, isto pode estar relacionado com o fato de que a degradação do material ocorre na superfície das amostras, e com o período de 1008 horas de envelhecimento acelerado UVA não foi observado pela análise de DSC modificações devido a propagação da degradação no interior das amostras.

5.2.2.2 Análise dinâmico-mecânica (DMA)

As análises de DMA foram realizadas como complemento das análises de DSC para verificar a T_g das amostras. Na Tabela 33 encontram-se os resultados obtidos das curvas de DMA do módulo de perda (E''), Figuras 45 e 46. Foram escolhidos os resultados do pico máximo de E'' e não de Tan δ para análise pois estes apresentaram resultados mais próximos dos encontrados nas análises de ponto de amolecimento Vicat e DSC, conforme Tabela 34.

Tabela 33. Resultados de temperatura (°C) obtidos das curvas de módulo de perda (E'') das amostras antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Não envelhecido (°C)	Envelhecido (°C)
T0C0N0	114	114
T0C0N09	113	113
T05C05N09	112	112
T05C2N09	111	111
T125C125N06	110	110
T2C05N09	110	110
T2C2N09	107	110

Tabela 34. Resultados de temperatura (°C) obtidos dos ensaios de ponto de amolecimento Vicat, das curvas de DSC e das curvas de módulo de perda (E'') do DMA, respectivamente, das amostras antes e após envelhecimento acelerado.

Amostras	Não envelhecido (°C)			Envelhecido (°C)		
	VICAT	DSC	DMA	VICAT	DSC	DMA
T0C0N0	105	112	114	103	112	114
T0C0N09	106	112	113	103	113	113
T05C05N09	105	111	112	101	112	112
T05C2N09	103	110	111	100	110	111
T125C125N06	101	109	110	99	109	110
T2C05N09	101	109	110	99	109	110
T2C2N09	100	108	107	99	107	110

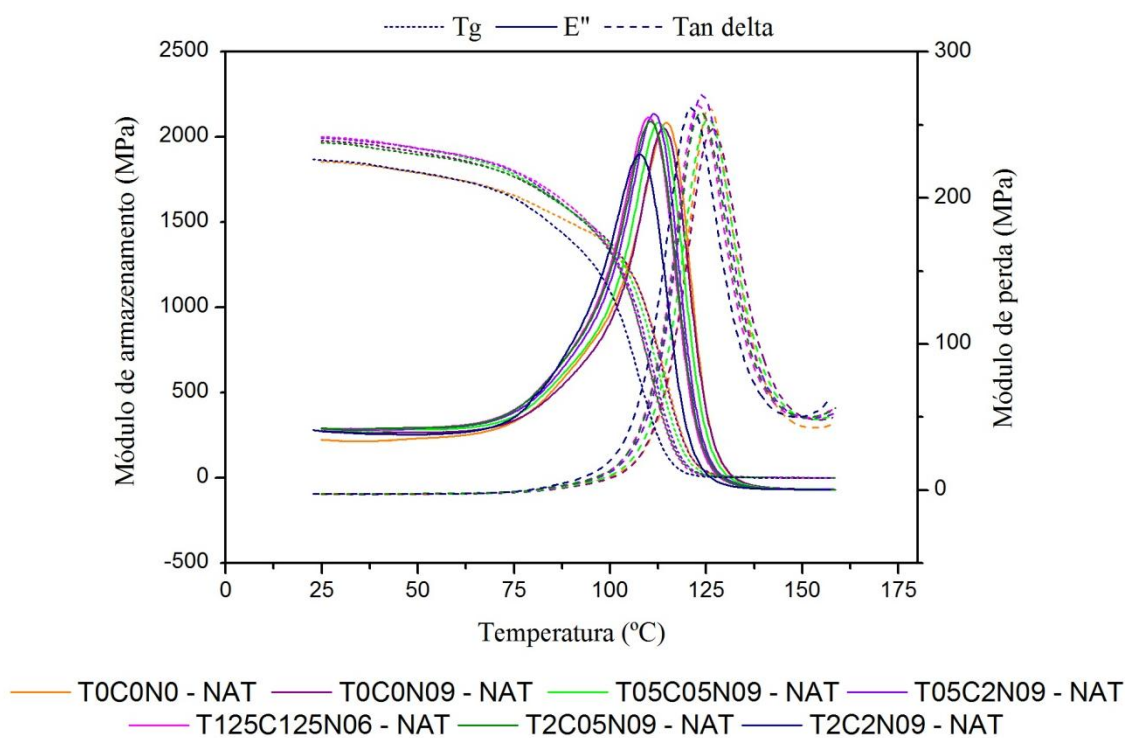


Figura 45. Curvas de DMA (E' , E'' e $\tan \delta$) das amostras antes do envelhecimento.

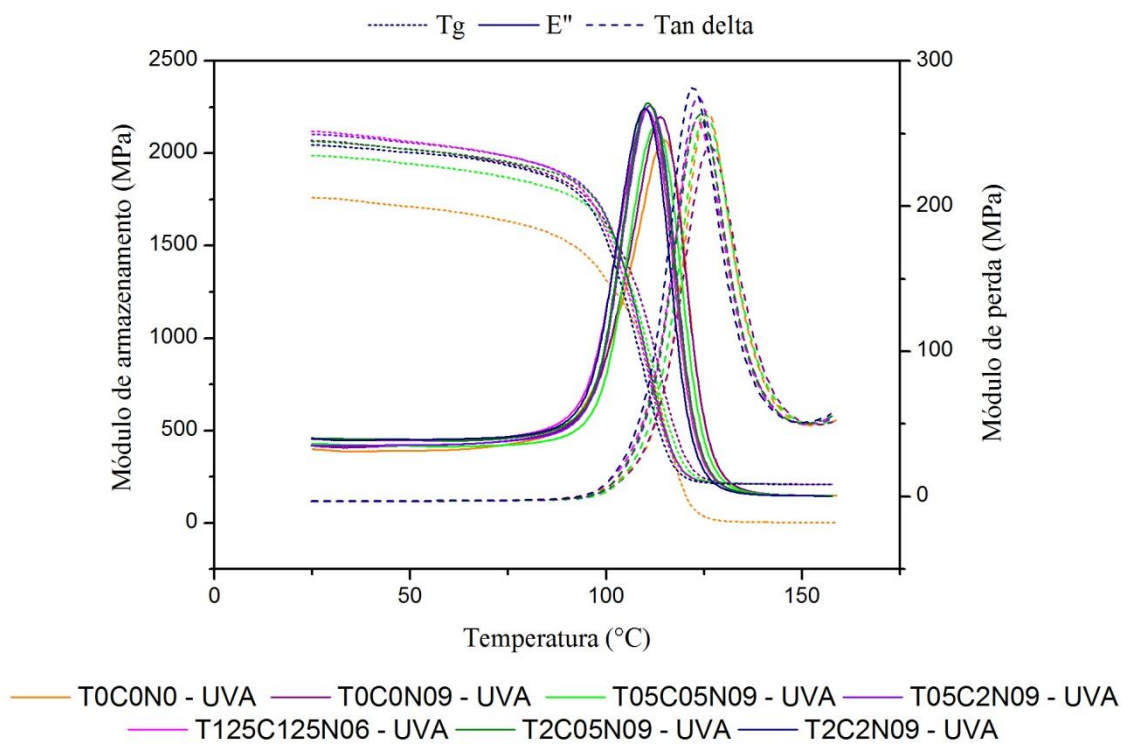


Figura 46. Curvas de DMA (E' , E'' e $\tan \delta$) das amostras após o envelhecimento.

O módulo de perda (E'') das amostras antes e após o envelhecimento diminuíram a medida que se aumenta as concentrações dos aditivos. Todas as amostras apresentaram resultados inferiores comparadas com a amostra natural (T0C0N0). Exceto para a amostra T2C2N09, todas as outras apresentaram o mesmo resultado de E'' comparando antes e após o envelhecimento.

Tabela 35. Comparação das temperaturas obtidas no ensaio de ponto de amolecimento Vicat, nas curvas de DSC (T_g) e nas curvas de DMA (T_g) das amostras antes do envelhecimento.

Valores fixos de Tinuvin 770 – (°C)					Valores fixos de Cyasorb 5411 – (°C)				
Tinuvin 770	Cyasorb 5411	Vicat	DSC	DMA	Tinuvin 770	Cyasorb 5411	Vicat	DSC	DMA
T05	C05	105	111	112	T05	C05	105	111	112
T05	C2	103	110	111	T2	C05	101	109	110
Variação (°C)		2	1	1	Variação (°C)		4	2	2
T2	C05	101	109	110	T05	C2	103	110	111
T2	C2	100	108	107	T2	C2	100	108	107
Variação (°C)		1	1	3	Variação (°C)		3	2	4

Pela Tabela 35 pode-se observar similaridade entre as análises em relação à diminuição de temperatura com o aumento da concentração dos aditivos anti UV. Ao fixar a concentração isoladamente de cada aditivo, Tinuvin 770 e Cyasorb 5411, nota-se que ambos influenciam na diminuição das temperaturas (ponto de amolecimento Vicat, T_g (DSC e DMA)). A variação de concentração de Tinuvin 770 de 0,5 % (m/m) para 2,0 % (m/m), mantendo o Cyasorb 5211 fixo na mesma concentração, promoveu maior queda nas temperaturas estudadas do que a mesma variação de Cyasorb 5411 fixando o Tinuvin 770.

O fato de o Cyasorb 5411 também influenciar com a diminuição de aproximadamente 1 °C em todas as análises pode estar relacionado a sua interação com o Tinuvin. Com a análise da Tabela 35, pode-se notar que o Tinuvin 770 é o aditivo que causa maior queda nas temperaturas das análises apresentadas. Isto reforça a hipótese, discutida nos resultados de DSC, de este aditivo estar exercendo função plastificante no polímero ABS.

5.2.2.3 Análise Termogravimétrica (TGA)

A Tabela 36 e 37 apresentam os dados obtidos pela análise termogravimétrica a partir das curvas para as diferentes amostras, onde: $T_{5\%}$ (temperatura na qual ocorre perda de 5 % em massa), $T_{50\%}$ (temperatura na qual ocorre perda de 50 % em massa) e $T_{\text{máx.}}$ (temperatura na qual a taxa de perda de massa é máxima).

Tabela 36. Dados de temperatura obtidos pelas curvas de variação de massa e curvas derivadas antes do envelhecimento.

Amostras	T_{5%} (°C)	T_{50%} (°C)	T_{máx.} (°C)	Resíduo (%) a 650 °C
T1C0N0	372	424	416	2,2
T0C0N0	375	423	415	2,1
T0C05N0	374	425	417	2,1
T1C05N0	367	423	414	2,2
T05C05N03	376	427	423	2,5
T05C05N09	372	425	423	2,5
T05C2N03	367	423	414	2,3
T05C2N09	365	423	417	2,7
T2C05N03	362	423	416	2,2
T2C05N09	362	425	427	0,0
T2C2N03	344	421	416	2,4
T2C2N09	338	422	411	3,3
T0C0N03	378	425	420	2,9
T0C0N09	377	426	423	2,6
T125C125N06 - 1	362	424	421	1,2
T125C125N06 - 2	364	422	416	0,9
T125C125N06 - 3	364	424	415	3,2

Tabela 37. Dados obtidos pelas curvas de variação de massa e curvas derivadas após o envelhecimento.

Amostras	T_{5%} (°C)	T_{50%} (°C)	T_{máx.} (°C)	Resíduo (%) a 650°C
T1C0N0	368	421	412	2,9
T0C0N0	370	420	412	2,6
T0C05N0	370	419	408	1,9
T1C05N0	366	422	414	2,5
T05C05N03	370	422	414	2,4
T05C05N09	371	423	415	2,9
T05C2N03	366	421	412	3,0
T05C2N09	363	421	415	2,9
T2C05N03	356	420	413	2,9
T2C05N09	362	425	420	3,2
T2C2N03	340	422	414	2,7
T2C2N09	337	421	418	3,0
T0C0N03	373	424	419	2,5
T0C0N09	373	422	414	2,9
T125C125N06 - 1	357	421	414	2,3
T125C125N06 - 2	365	423	415	3,2
T125C125N06 - 3	363	421	416	2,6

As curvas obtidas pela análise termogravimétrica das amostras de ABS encontram-se no Apêndice D.

As Figuras 47 e 48 mostram as curvas termogravimétricas das amostras estatisticamente significativas avaliadas no teste de Tukey.

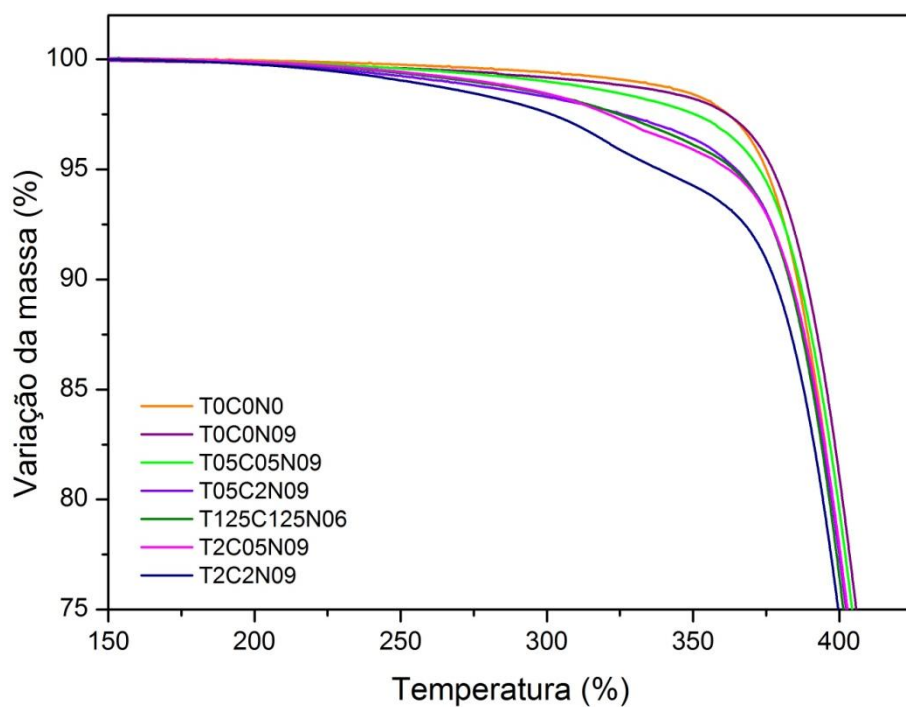


Figura 47. Curvas de variação da massa das amostras antes do envelhecimento.

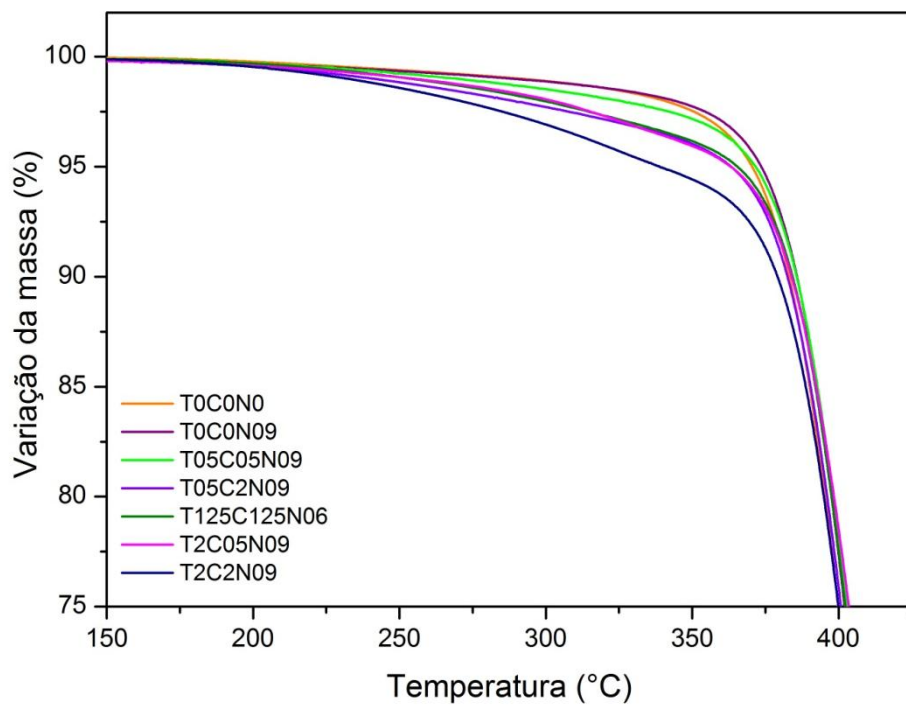


Figura 48. Curvas de variação da massa das amostras após o envelhecimento.

Com análise dos gráficos (Figuras 47 e 48) pode-se observar que o comportamento das amostras foi similar antes e após o envelhecimento. A amostra T2C2N09 obteve o menor resultado comparada as outras amostras, sua temperatura de degradação com porcentagem de 5 % de perda massa ($T_{5\%}$) foi de 337 °C antes do envelhecimento e 338 °C após envelhecimento. Esta foi a primeira amostra a iniciar a degradação seguida das amostras T05C2N09, T125C125N06 e T2C05N09 com média de temperatura de degradação de 363 °C antes e após envelhecimento. E após estas, a amostras T0C0N0, T0C0N09 e T05C05N09 com média de 371 °C antes do envelhecimento e 374 °C após envelhecimento. Com análise destes resultados é possível concluir que com a adição nas formulações de maiores concentrações dos aditivos Tinuvin 770 e Cyasorb 5411, menor a temperatura de degradação das amostras, ou seja, a degradação destas são iniciadas antes da temperatura de degradação da amostra sem aditivos. Estes resultados podem ser melhor avaliados pela Tabela 38, que apresenta apenas os resultados obtidos com perda 5 % de massa das amostras significativas pelo Tukey.

Tabela 38. Temperaturas de degradação com perda 5 % de massa ($T_{5\%}$)

Amostras	NAT (°C)	UVA (°C)
T0C0N0	375	370
T0C0N09	377	373
T05C05N09	372	371
T05C2N09	365	363
T125C125N06-2	364	365
T2C05N09	362	362
T2C2N09	338	337

Considerando-se apenas a quantidade de aditivos anti UV, as amostras T0C0N0, T0C0N09 possuem 0 % de aditivos, seguida da amostra T05C05N09 com 1 %, as amostras T05C2N09, T125C125N06 e T2C2N09 possuem 2,5 % e por fim, 4 % de aditivos anti UV na amostra T2C2N09. Pode-se relacionar o comportamento das curvas às concentrações totais de aditivos anti UV em cada formulação, sendo a primeira a amostra com 4 % a degradar, seguida das amostras com 2,5 %, após com 1 % e finalizando, as amostras que não possuem aditivos anti UV foram as últimas a degradarem. Por esta análise, associa-se a interação dos aditivos com o polímero ABS, é possível que os aditivos estejam degradando primeiro, uma vez que a temperatura de degradação do Tinuvin 770 com perda de 5 % de massa é de 220 °C e do Cyasorb

5411 é de 194 °C. As amostras com 4 % de aditivos apresentaram temperatura de degradação 30 °C menor que comparada às amostras com 2,5 % de aditivos, e aproximadamente 40 °C a menos que as amostras com 1 % e 0 % de aditivos, a variação entre as amostras com 0 % de aditivos e 1 % foi muito pequena talvez por 1 % ser uma concentração relativamente baixa, principalmente nos resultados após envelhecimento.

5.2.2.4 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A análise de FTIR-ATR é uma ferramenta bastante utilizada para analisar a degradação fotooxidativa em polímeros (SANTOS, 2010b).

Os espectros de infravermelho das amostras naturais e após envelhecimento são mostrados nas Figuras 49 a 52, respectivamente.

Na Tabela 39 encontram-se os picos referentes às vibrações das moléculas características no ABS.

Tabela 39. Picos característicos do ABS no FTIR.

Comprimento de onda (cm⁻¹)	Estrutura química
698	Ligações do anel estireno
758	Ligações do anel estireno
966	Ligações trans CH=CH- do butadieno
911	Ligações =CH ₂ do butadieno
1447	Ligações do anel estireno
1491	Ligações do anel estireno
2235	Ligações -C≡N
3026	Ligações do anel estireno

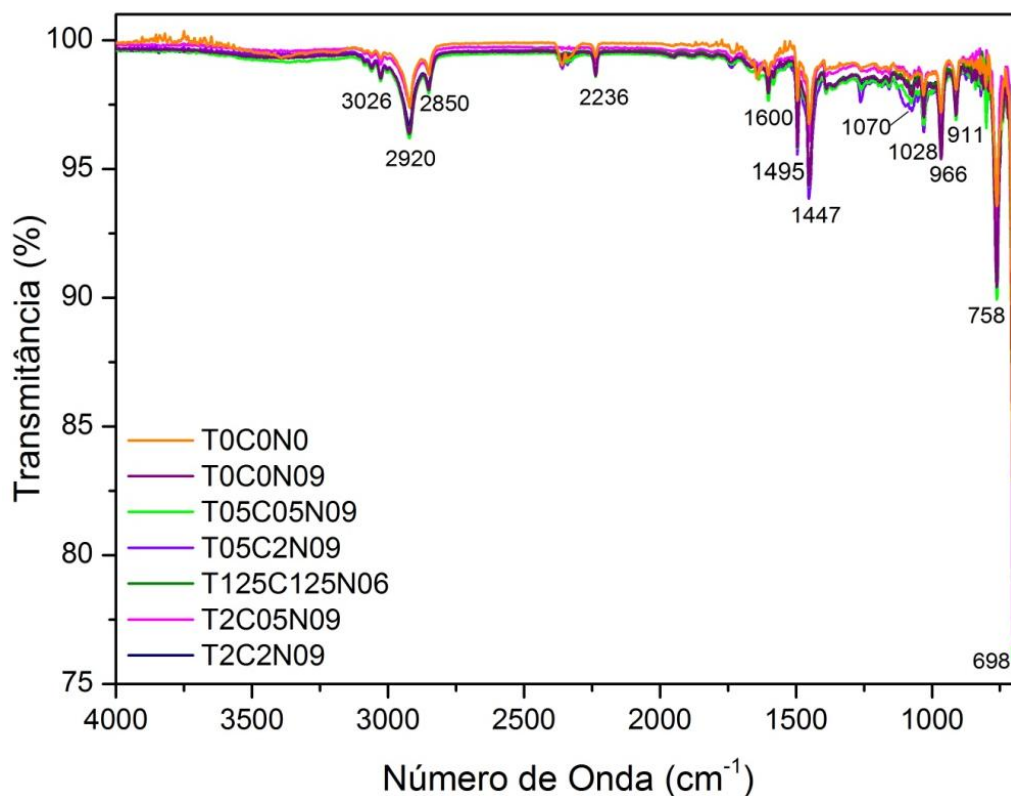


Figura 49. Espectros de FTIR das amostras não envelhecidas.

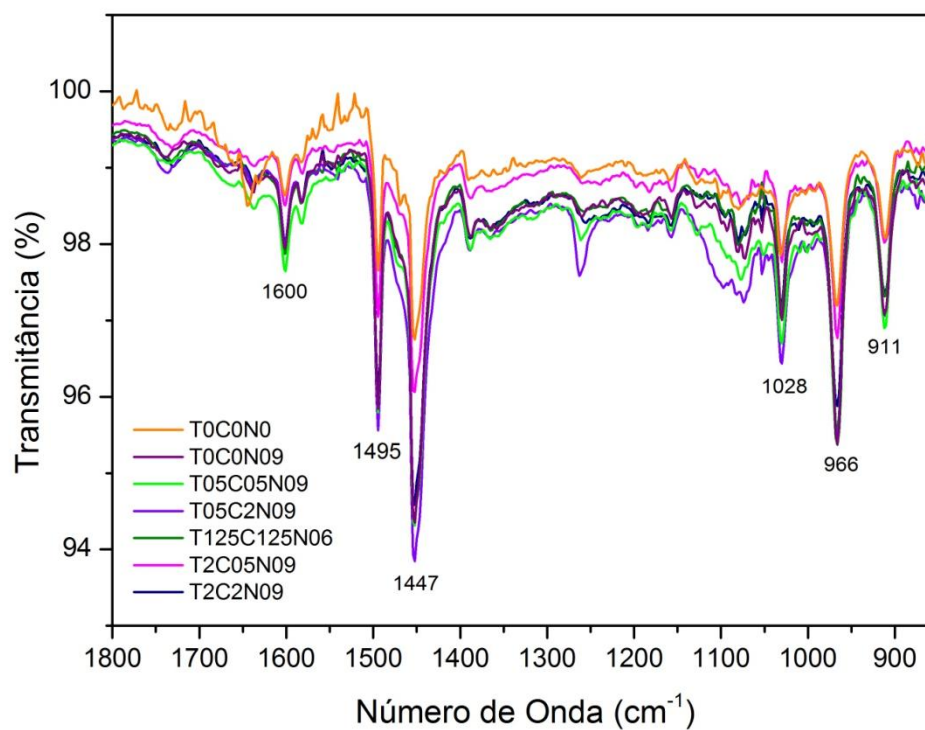


Figura 50. Espectros de FTIR da região de 1800 a 950 cm^{-1} das amostras não envelhecidas.

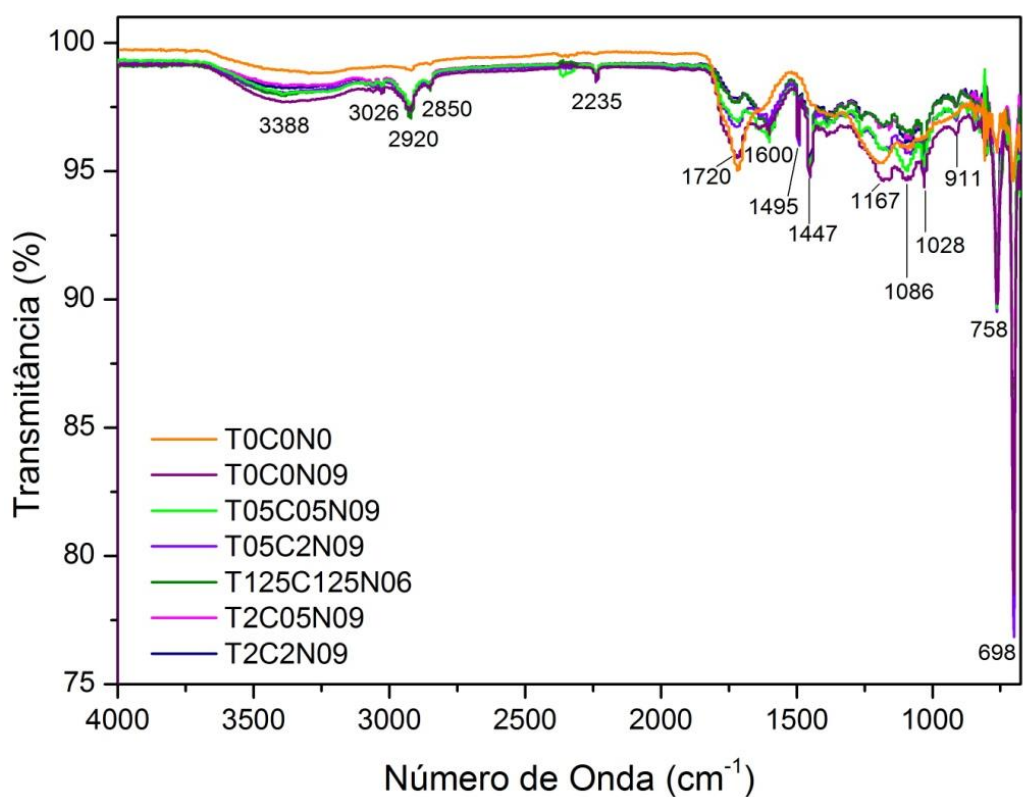


Figura 51. Espectros de FTIR das amostras após o envelhecimento.

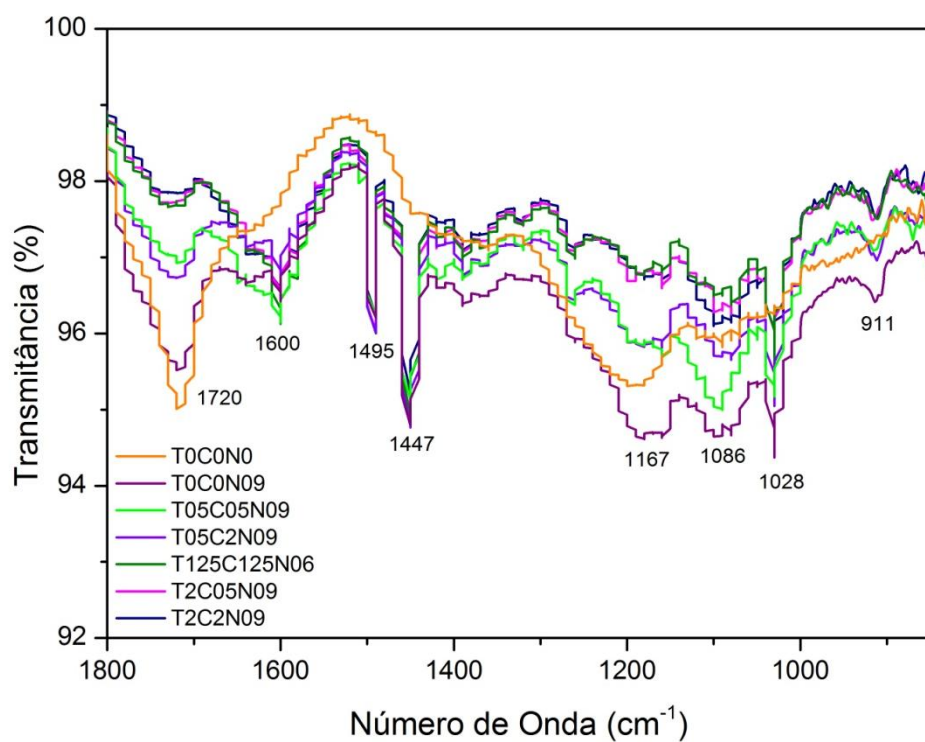


Figura 52. Espectros de FTIR da região de 1800 a 950 cm^{-1} das amostras após o envelhecimento.

Verificando-se o comportamento dos espectros das amostras antes e após envelhecimento, pode-se observar a ocorrência de modificações químicas na superfície do polímero associadas com a oxidação e a formação de subprodutos, devido a degradação.

Na região de comprimento de onda de 911 cm^{-1} e 966 cm^{-1} , Figura 50, encontram as ligações de 1,2 e 1,4 butadieno, respectivamente. Pode-se observar na Figura 52, uma diminuição destes picos correspondentes ao 1,2 butadieno (911 cm^{-1}) e desaparecimento dos picos com absorção em 966 cm^{-1} , referentes ao 1,4 butadieno. Santos *et al.* (2010b) também observaram uma diminuição mais pronunciada nos picos de absorção em 966 cm^{-1} . Esta diminuição pode ser associada à alta reatividade das duplas ligações de carbono do butadieno. A degradação do polibutadieno é iniciada pela abstração do hidrogênio de átomos de carbono insaturados, no qual gera radicais livres na presença de oxigênio levando a formação de produtos carbonil e hidroxil. Todas as amostras degradadas apresentam crescimento das bandas de absorção entre $1600 - 1800\text{ cm}^{-1}$ e $3000 - 3400\text{ cm}^{-1}$, correspondentes as vibrações dos grupos carbonil (1720 cm^{-1}) e hidroxil (3388 cm^{-1}), respectivamente (TIGANIS; BURN; HILL, 2002). Em estudo realizado por Santos *et al.* (2010b) foram realizados envelhecimento acelerado com duração de 200 horas e natural por 120 dias. Os resultados mostraram as modificações químicas são mais pronunciadas nas amostras que foram submetidas ao envelhecimento acelerado que o natural, o que pode ser atribuído a alta intensidade de radiação, e consequentemente alta temperatura presente no equipamento de aceleração, associado ao aumento da taxa de formação dos produtos de degradação. Neste trabalho o envelhecimento acelerado foi realizado por 1008 horas, o que pode justificar o desaparecimento do pico de absorção do butadieno em 966 cm^{-1} .

Pode-se observar na Figura 52 que os picos com absorção em 1720 cm^{-1} , referentes aos grupos carbonil, são mais pronunciados nas amostras que não contém aditivos UV, T0C0N0 e T0C0N09, e menos pronunciados nas amostras T125C125N06, T2C05N09 e T2C2N09, o que mostra a melhor eficiência destes aditivos em concentrações de Tinuvin 770 superiores a 1,25 % (m/m).

A absorção da banda de estireno está em 1494 e 1600 cm^{-1} atribuída às vibrações de ligações duplas C=C do anel aromático. (SANTOS, 2010a).

5.2.2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM)

As Figuras 53 a 58 apresentam as fotomicrografias de SEM da superfície das amostras antes e após o envelhecimento. As amostras que foram submetidas ao envelhecimento acelerado apresentam uma superfície mais rugosa, comparadas às amostras não envelhecidas que apresentam superfícies mais regulares com aspecto mais homogêneo. O mesmo foi observado por Santos *et al.* (2010a), após envelhecimento natural com duração de 120 dias em amostras de ABS.

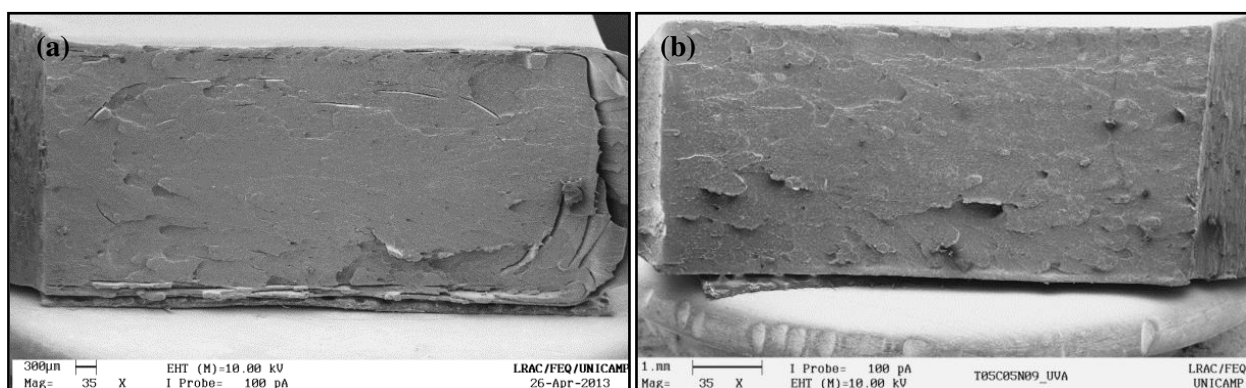


Figura 53. Micrografia da amostra T05C05N09; (a) antes e (b) após o envelhecimento.

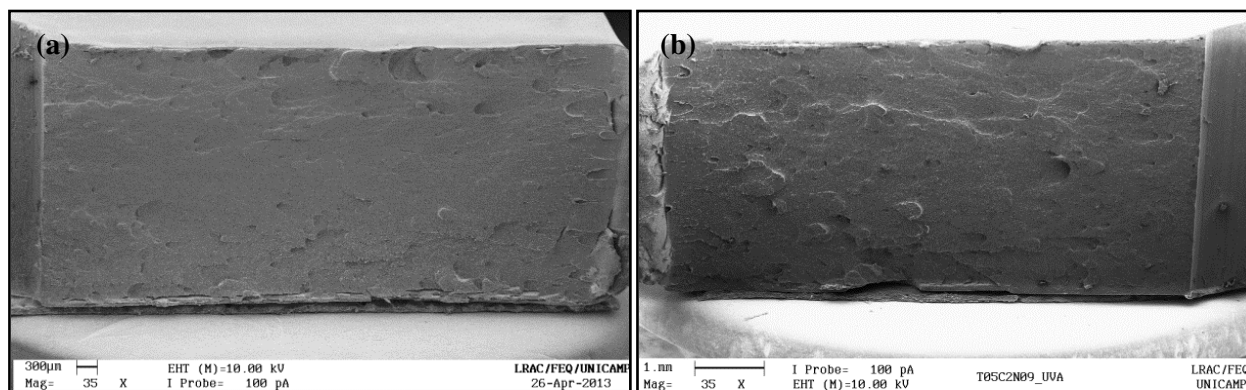


Figura 54. Micrografia da amostra T05C2N09; (a) antes e (b) após o envelhecimento.

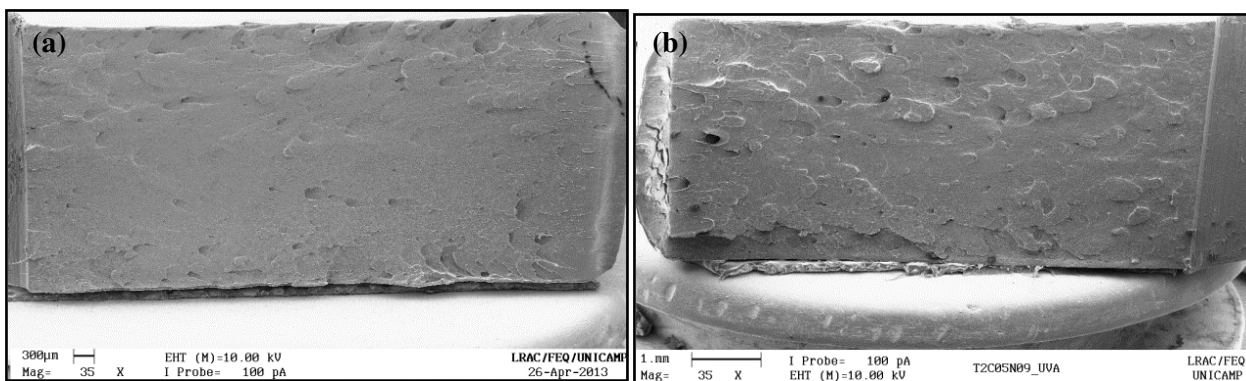


Figura 55. Micrografia da amostra T2C05N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.

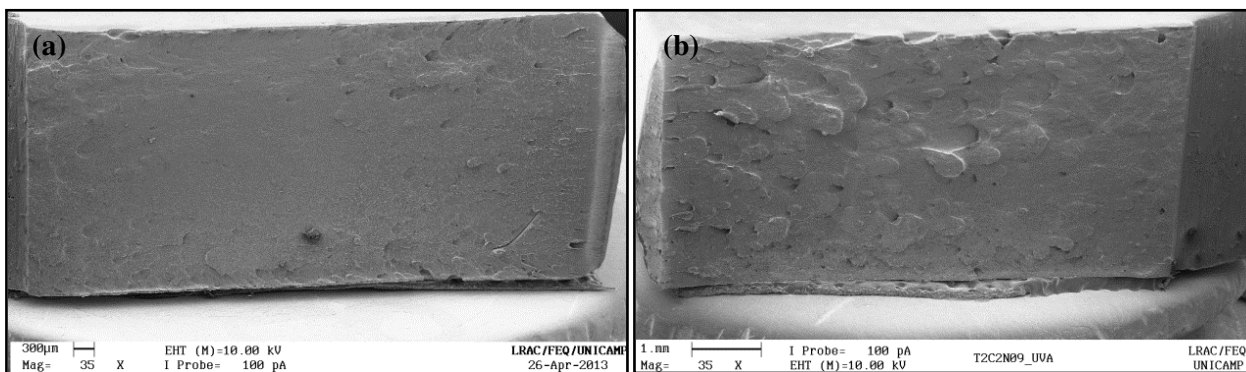


Figura 56. Micrografia da amostra T2C2N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.

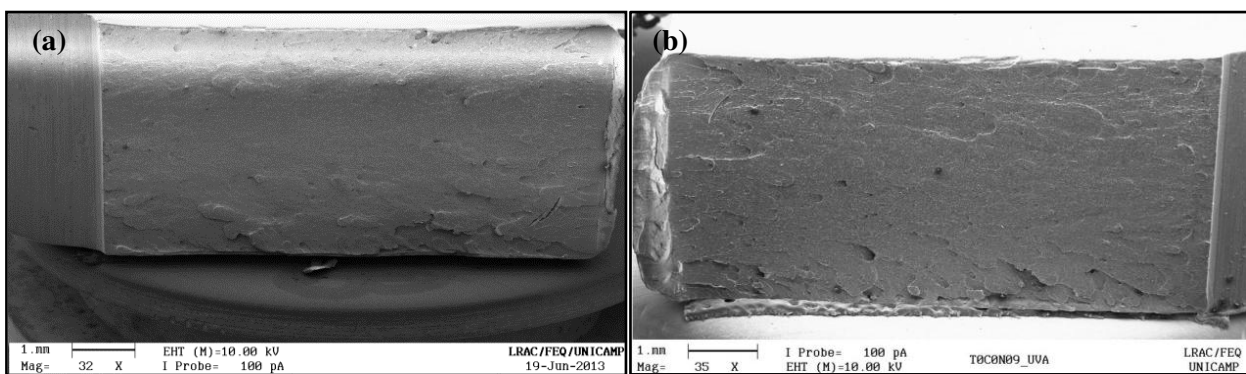


Figura 57. Micrografia da amostra T0C0N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.

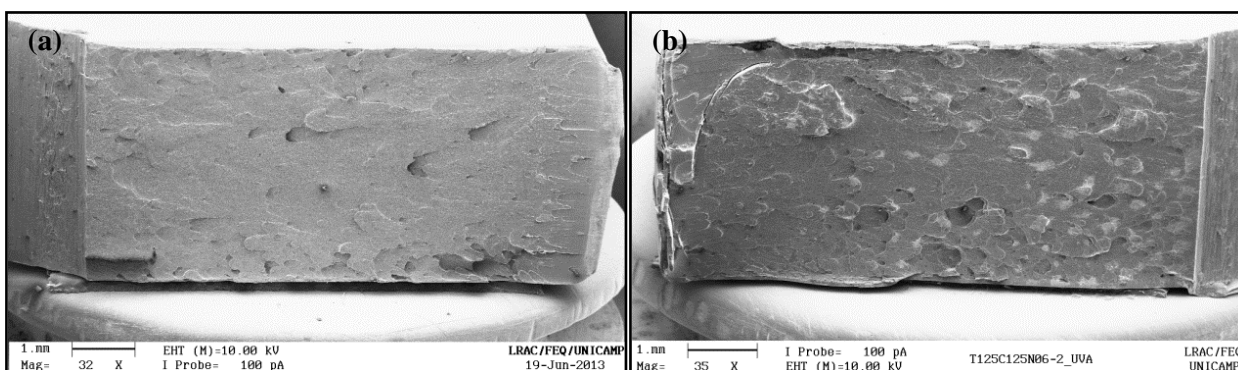


Figura 58. Micrografia da amostra T125C125N09, (a) antes e (b) após o envelhecimento.

Na análise de resistência ao impacto IZOD todos os aditivos adicionados às formulações foram estatisticamente significativos, pensou-se que este fato poderia ser devido a má dispersão dos aditivos nas formulações, e que este indício seria analisado pelas análises de microscopia. Porém nenhuma alteração significativa na superfície das amostras foi observada em relação à concentração de aditivos nas mesmas. Para comparação as Figuras 59 - 62 são de amostras com diferentes concentrações, T0C0N03, T05C05N09, T125C125N06 e T2C2N09, a Figura (a) de cada uma destas amostras é com aumento de 20 μm antes do envelhecimento, a Figura (b) de cada uma é com aumento de 100 μm antes do envelhecimento, e por sua vez a Figura (c) de cada amostra é com aumento de 100 μm , porém, após envelhecimento. Todas estas fotomicrografias são do meio da fratura do corpo de prova de impacto.

Com análise nas Figuras (a) de cada amostra, pode-se observar que há pequenos aglomerados em todas as fotomicrografias, independente da concentração de aditivos nas amostras. Porém, não é possível afirmar se estes aglomerados são os aditivos anti UV, o negro de fumo, ou impurezas, pois estes aparecem mesmo na amostra T0C0N03 que não contém os aditivos estabilizadores à luz UV. Portanto o SEM não foi muito conclusivo para análise de dispersão. Comparando nas Figuras (b) e (c) de cada amostra, antes e após o envelhecimento respectivamente, com o aumento de 100 μm , pode-se notar que as imagens das amostras envelhecidas apresentaram mais pontos de propagação de trincas, representadas pelas formas cônicas, o que também justifica a perda da propriedade de alongamento.

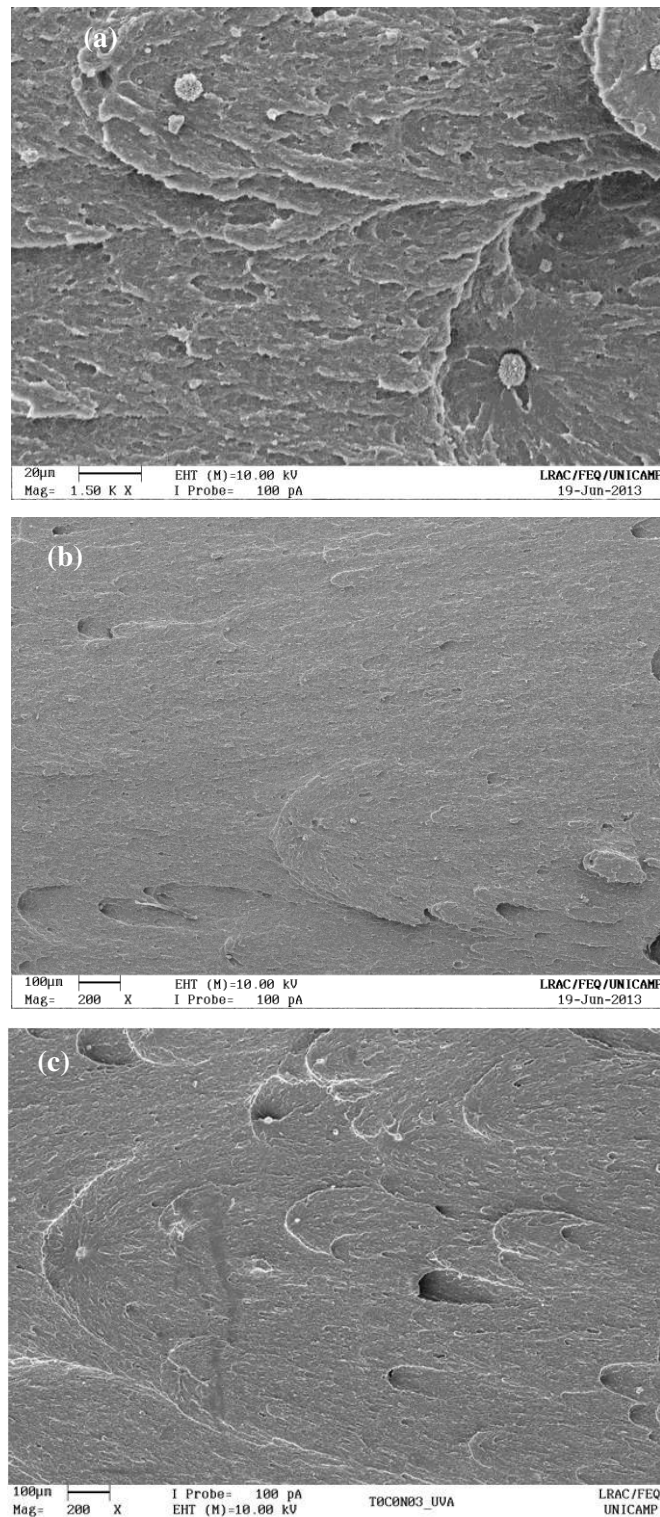


Figura 59. Micrografia da amostra T0C0N03, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 μm .

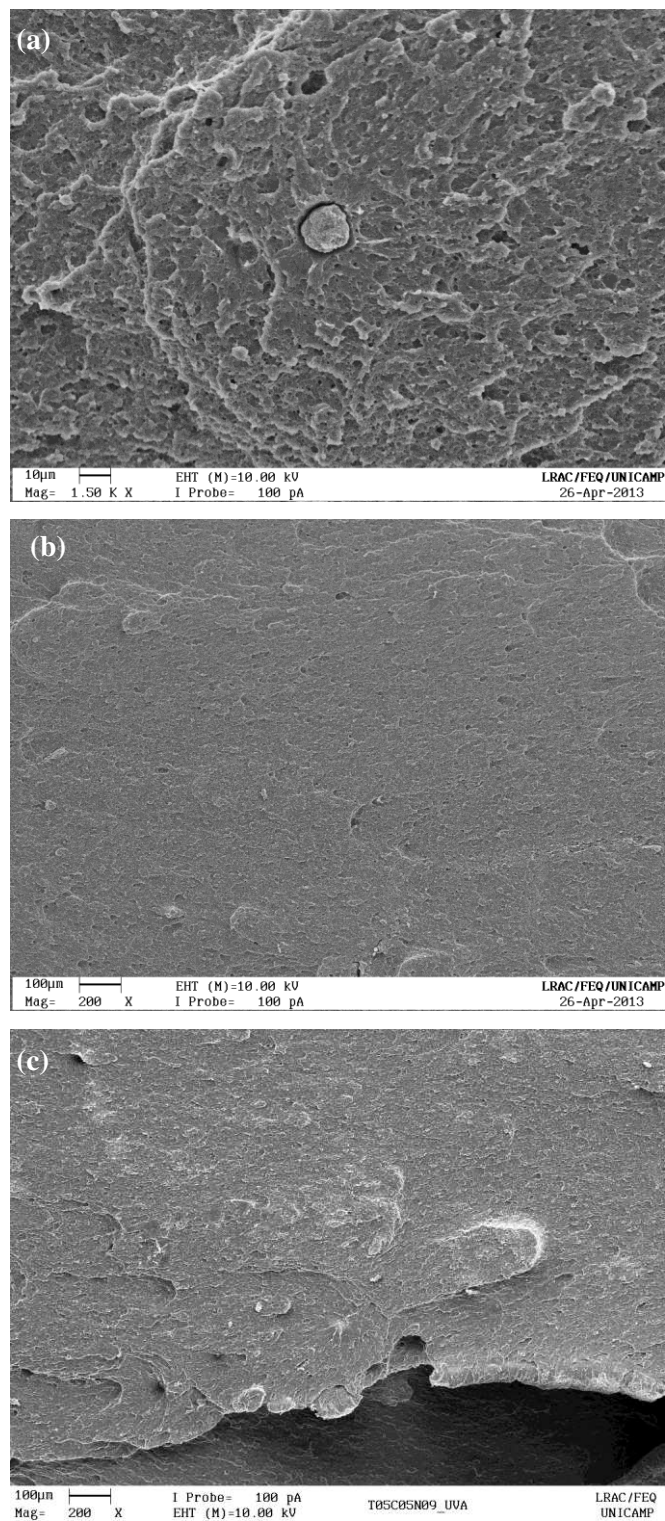


Figura 60. Micrografia da amostra T05C05N09, (a) antes do envelhecimento 20 µm, (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 µm.

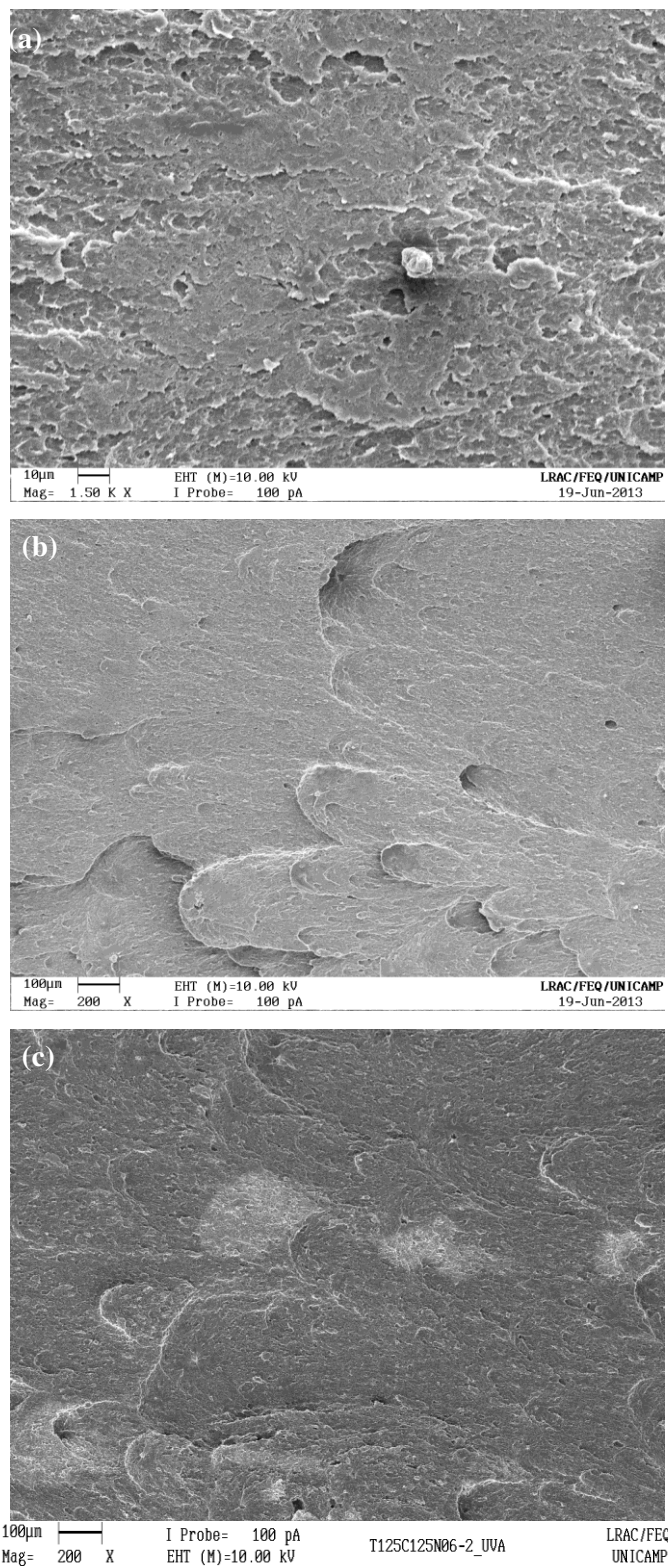


Figura 61. Micrografia da amostra T125C125N06, (a) antes do envelhecimento 20 µm, (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambas 100 µm.

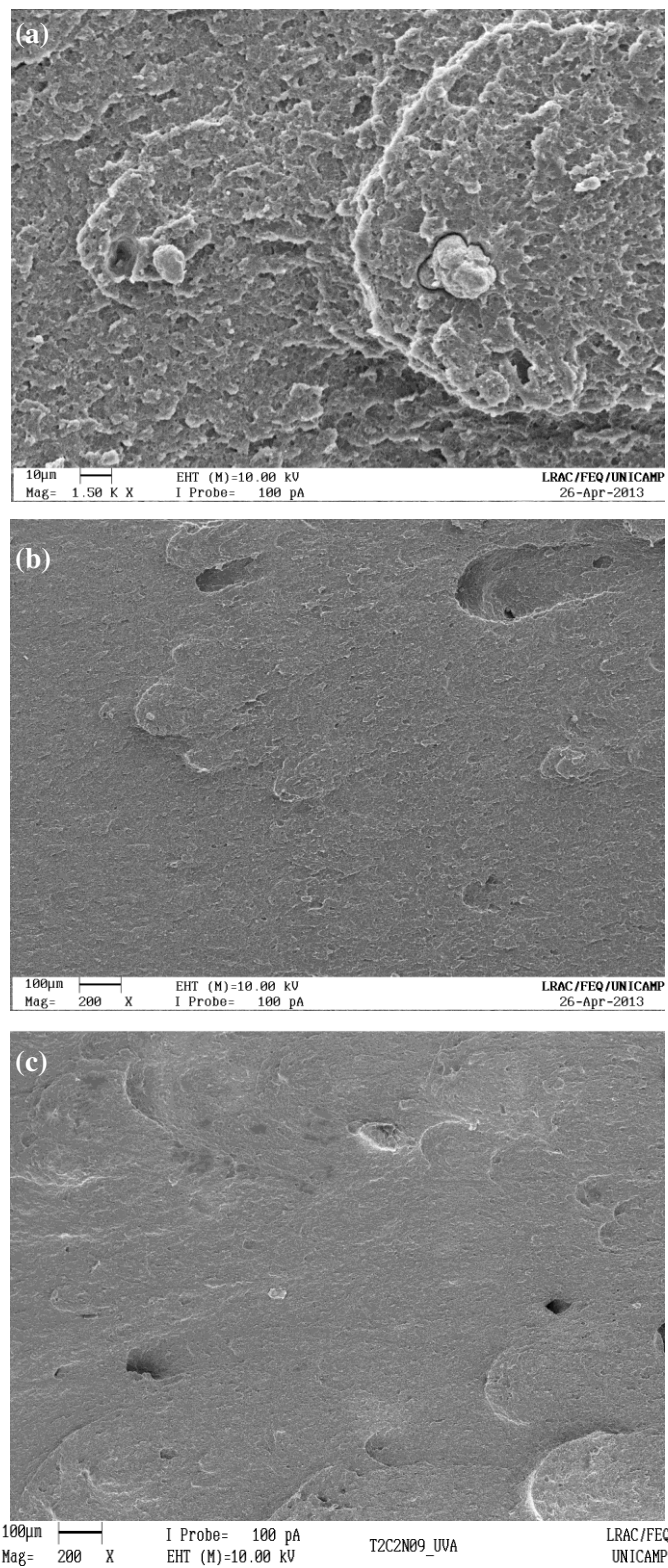


Figura 62. Micrografia da amostra T2C2N09, (a) antes do envelhecimento 20 μm , (b) antes do envelhecimento e (c) após envelhecimento, ambos 100 μm .

6. CONCLUSÕES

Pela realização deste estudo inédito, foi possível avaliar a suspeita da perda de propriedade de ponto de amolecimento Vicat com a adição dos aditivos Tinuvin 770 e Cyasorb 5411 no polímero ABS.

Observou-se diminuição na propriedade de ponto de amolecimento Vicat à medida que foi aumentada a concentração de aditivos anti UV nas formulações. Este efeito pode ser associado à diminuição de Tg, também com o aumento da concentração dos aditivos como foi constatado pelas análises de DSC e DMA, respectivamente. Este efeito pode estar relacionado ao fato de o aditivo Tinuvin 770 possuir em sua formulação sebacato $(CH_2)_8$, geralmente utilizado nas formulações dos polímeros com o intuito de diminuir a Tg.

A análise estatística mostrou que o aditivo utilizado Tinuvin 770 influencia de maneira negativa algumas propriedades estudadas antes e após o envelhecimento. Porém esta influência não interfere na sua eficiência como estabilizador à luz ultravioleta após os ensaios de envelhecimento. Com análise nos espectros de FTIR, pode-se observar que as amostras que possuíam maiores teores de aditivos anti UV e negro de fumo apresentaram picos menores de hidroxila, o que indica que estas formulações foram menos afetadas pela degradação fotooxidativa.

A propriedade de resistência ao impacto IZOD antes e após o envelhecimento também apresentou uma diminuição à medida que se aumentava a concentração dos aditivos, porém uma diminuição que pode ser considerada não significativa, sendo a maior delas de 6 KJ/m², comparando as formulações que possuem aditivos com a amostra de referência, ou seja, sem aditivos. No impacto IZOD antes do envelhecimento, todos os aditivos foram significativos exercendo influências negativas na resposta, este fato pode estar relacionado com a má dispersão destes nas formulações, uma vez que a mistura dos aditivos junto às matérias-primas foi realizada manualmente, o que pode impactar na dispersão. Para verificar esta suspeita foram realizadas análises de SEM nas amostras, porém não foram observadas diferenças nas fraturas das mesmas que possam estar relacionadas com a dispersão dos aditivos.

Para as propriedades estudadas de resistência à tração, no limite de resistência e módulo de elasticidade verificou-se valores muito próximos antes do envelhecimento, e o aditivo Cyasorb 5411 se mostrou estatisticamente significativo influenciando nas respostas de forma positiva,

assim como o Cyasorb e o negro de fumo após o envelhecimento, colaborando na manutenção destas propriedades depois do envelhecimento. Já o alongamento apresentou resultados muito distintos entre as diferentes formulações, sendo de difícil conclusão a avaliação dos diferentes teores de aditivos. Apresentando também desvio padrão elevado, para esta análise pode ser que o número de corpos de prova testados foi baixo. Outro fator importante é a falta de ajuste dos modelos matemáticos utilizados para a realização das análises estatísticas das propriedades de tração estudadas, apresentando resultados significativos, porém, não preditivos, sendo necessária a realização de um novo planejamento experimental que não considere o comportamento dos dados apenas linear, como foi o caso do planejamento utilizado.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos no presente trabalho, sugerimos como possibilidades para trabalhos futuros:

- Realizar estudo com tipos de sebacatos incorporados no polímero ABS e verificar a influência destes nas propriedades do material.
- Realizar um planejamento experimental com pontos axiais afim de, propor modelo matemático ideal para as respostas estudadas e analisar ponto ótimo de trabalho com os aditivos aqui estudados.
- Realizar estudo com os aditivos Tinuvin 770 e Cyasorb 5411 em outros polímeros, para verificar se os resultados aqui apresentados tem reprodutibilidade em outros polímeros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, N.S.; GARDETTE, J.L.; LEMAIRE, J. Stabiliser interactions with hindered piperidine compounds in polypropylene: influence of processing. *Polymer Degradation and Stability*. v. 3. p. 199-208, 1981.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL – ASTM International G154-12a; Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials. 2012. 12 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL – ASTM International D7426-08; Assignment of the DSC Procedure for Determining Tg of a Polymer or an Elastomeric Compound. 2008. 4 p.

BÁLINT, G.; KELEN, T.; TÜDÖS, F.; REHÁK, Á. Effect of hindered piperidine derivatives on polypropylene photooxidation. **Polymer Bulletin**. v.1. p. 647 – 652, 1979.

BIGGER, S.W.; DELATYCHI, O. The effect of hindered amine light stabilizers on the photooxidative stability of high-density polyethylene. **Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry**. v. 27. p. 63-73, 1989.

BLOM, H.; YEH, R.; WOJNANOWSKI, R.; LING, M. Detection of degradation of ABS materials via DSC. **Thermochimica Acta**. v. 442. p. 64 – 66, 2006.

BOLDIZAR, A.; MÖLLER, K. Degradation of ABS during repeated processing and accelerated ageing. **Polymer Degradation and Stability**, v. 81, p. 359-366, 2003.

BRUNS, R. E.; SCARMINIO, I.S.; NETO, B. B. Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 2.ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003, 401 p.

CABOT. Negro de fumo. Disponível em <<http://www.cabot.com.br/produto-negro-fumo.html>> acesso em julho de 2014.

CHAI, R.D.; CHEN, S.J.; ZHANG, J. Combined effect of hindered amine light stabilizer and antioxidants on photodegradation of poly(vinyl chloride). **Journal of Thermoplastic Composite Material**. v. 25. p. 879 – 894, 2011.

DAVIS, P.; TIGANIS, B.E.; BURN, L.S. The effect of photo-oxidative degradation on fracture in ABS pipe resins. **Polymer Degradation and Stability**. v. 84. p. 233 – 242, 2004.

DE PAOLI, M.A. **Degradação e estabilização de polímeros**. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2010, 286 p.

DONNET, J.B.; VOET, A. **Carbon Black**. 1.ed. New York: Marcel Dekker, 1976, 351 p.

DUNN, R.F.; MCSWAIN, R.H.; MILLS, T.; MALONE, B. Failure of plastics press release buttons in automobile seat belts. **Engineering Failure Analysis**. v. 2. p. 81 – 98, 2005.

FELISBERTI, M. I.; SANCHEZ, E. M. S.; SARON, C., “**Simulador Ambiental para Envelhecimento Acelerado de Polímeros**”. BR n. PI 02003660, 2001, 04 fevereiro 2002.

GIJSMAN, P. In: KUTZ, M. **Applied Plastics Engineering Handbook: Processing and Materials**. 1.ed. New York: Myer Kutz Associates, 2011, 664 p.

HENSHAW, J.M.; WOOD, V.; HALL, A.C. Failure of automobile seat belts caused by polymer degradation. **Engineering Failure Analysis**. v. 6, p. 13 – 25, 1999.

HU, K.H.; KAO, C.S.; DUH, Y.S. Studies on the runaway reaction of ABS polymerization process. **Journal of Hazardous Materials**, p. 25-34, 2008.

International Standard ISO 180 - Determination of Izod impact strength. 2000. 10 p.

International Standard ISO 306 - Thermoplastic materials -- Determination of Vicat softening temperature (VST). 2013. 16 p.

International Standard ISO 527 - Determination of tensile properties. 2012. 23 p.

JIA, H.; WANG, H.; CHEN, W. The combination effect of hindered amine light stabilizers with UV absorbers on the radiation resistance of polypropylene. **Radiation Physics and Chemistry**. v.76. p. 1179-1188, 2007.

KURUMADA, T.; OHSAWA, H.; YAMAZAKI, T. Synergism of hindered amine light stabilizers and UV- absorbers. **Polymer Degradation and Stability**. v.19, p. 263 – 272, 1987.

LIAUW, C.M.; QUADIR, A.; ALLEN, N.S.; EDGE, M. Effect of hindered piperidine light stabilizer molecular structure and UV-absorber addition on the oxidation on HDPE. Part 1: Long-term thermal and photo-oxidation studies. **Journal of Vinyl & Additive Technology**. v. 10. p. 79 – 87, 2004.

LPN Engineering Plastics. Curso: Introdução básica de polímeros. SABIC Innovative Plastics. Campinas. 2010.

MANTELL, C.L. **Carbon and Graphite Handbook**. 1.ed. New York: John Wiley & Sons, 1968, 538 p.

MOORE, J.D. Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)- a review. **Composites**. p. 118-130, 1973.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Cárita, 2009, 358 p.

RABELLO, M. **Aditivação de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2000, 242 p.

SANCHEZ, E.M.S.; FELISBERTI, M.I.; COSTA, C.A.R.; GALEMBECK, F. Avaliação da degradação Térmica e fotooxidativa do ABS para fins de reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v.13, p. 166-172, 2003.

SANCHEZ, M.S.; FERREIRA, M.M.C.; FELISBERTI, M.I. Avaliação da degradação térmica e fotooxidativa do ABS automotivo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, p. 116-122, 1999.

SANTOS, R.M.; BOTELHO, G.; MACHADO, A.V. Avaliação da fotodegradação de ABS exposto a condições naturais. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 22, n. 12, p. 87-90, 2010a.

SANTOS, R.M.; BOTELHO, G.L.; MACHADO, A.V. Artificial and natural weathering of ABS. **Journal of Applied Polymer Science**. v.116, p. 2005 – 2014, 2010b.

SANTOS, R.M.; PIMENTA, A.; BOTELHO, G.; MACHADO, A.V. Influence of the testing conditions on the efficiency and durability of stabilizers against ABS photo-oxidation. **Polymer Testing**. v. 32. p. 78 – 85, 2013.

SIMIELLI, E.R.; SANTOS, P.A. **Plásticos de Engenharia: Principais tipos e sua moldagem por injeção**. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2010, 198 p.

TIGANIS, B.E.; BURN, L.S.; DAVIS, P.; HILL, A.J. Thermal degradation of acrylonitrile-butadiene- styrene (ABS) blends. **Polymer Degradation and Stability**. v. 76. p. 425-434, 2002.

ZWEIFEL, H. **Plastics Additives Handbook**. 5.ed. Monique: Ciba, 2001, 1122 p.

WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações**. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005, 349 p.

APÊNDICE A – Teste de Tukey

- Para o teste de Tukey foram utilizados os resultados obtidos no teste de ponto de amolecimento Vicat.

Variáveis	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
	104,60	104,48	105,5	104,28	104,64	103,04	103,14	101,66	101,34	100,04	100,16	101,66	101,12	100,88
T0C0N0		1,000000	0,113313	0,996825	1,000000	0,000197	0,000382	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134
T0C0N03	1,000000		0,038593	0,999980	0,999999	0,000460	0,001277	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134
T0C0N09	0,113313	0,038593		0,004824	0,156210	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134
T05C05N03	0,996825	0,999980	0,004824		0,990454	0,003857	0,011452	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134
T05C05N09	1,000000	0,999999	0,156210	0,990454		0,000170	0,000277	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134
T05C2N03	0,000197	0,000460	0,000134	0,003857	0,000170		1,000000	0,000825	0,000142	0,000134	0,000134	0,000825	0,000134	0,000134
T05C2N09	0,000382	0,001277	0,000134	0,011452	0,000277	1,000000		0,000325	0,000136	0,000134	0,000134	0,000325	0,000134	0,000134
T2C05N03	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000825	0,000325		0,996825	0,000161	0,000277	1,000000	0,814108	0,277333
T2C05N09	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000142	0,000136	0,996825		0,001976	0,007471	0,996825	0,999940	0,931952
T2C2N03	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000161	0,001976		1,000000	0,000161	0,021336	0,181869
T2C2N09	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000277	0,007471	1,000000		0,000277	0,067498	0,399405
T125C125N06 -1	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000825	0,000325	1,000000	0,996825	0,000161	0,000277		0,814108	0,277333
T125C125N06 -2	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,814108	0,999940	0,021336	0,067498	0,814108		0,999843
T125C125N06 -3	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,000134	0,277333	0,931952	0,181869	0,399405	0,277333	0,999843	

- As amostras cujos resultados estão em vermelho, são estatisticamente iguais.
- Desta forma, as amostra foram separadas em grupos.
- Após foram escolhidas quais amostra representaram cada grupo.
- Cada amostra representa uma letra, e os grupos foram formados por letras.

T0C0N0	=	A	=	B-C-D-E	
T0C0N03	=	B	=	A-D-E	
T0C0N09	=	C	=	A-E	GRUPO 1
T05C05N03	=	D	=	A-B-E	
T05C05N09	=	E	=	A-B-C-D	
T05C2N03	=	F	=	G	GRUPO 2
T05C2N09	=	G	=	F	
T2C05N03	=	H	=	I-L-M-N	GRUPO 3
T2C05N09	=	I	=	H-L-M-N	
T2C2N03	=	J	=	K-N	GRUPO 4
T2C2N09	=	K	=	J-N-M	
T125C125N06-1	=	L	=	H-I-M-N	
T125C125N06-2	=	M	=	H-I-K-L-N	GRUPO 3
T125C125N06-3	=	N	=	H-I-J-K-L-M	

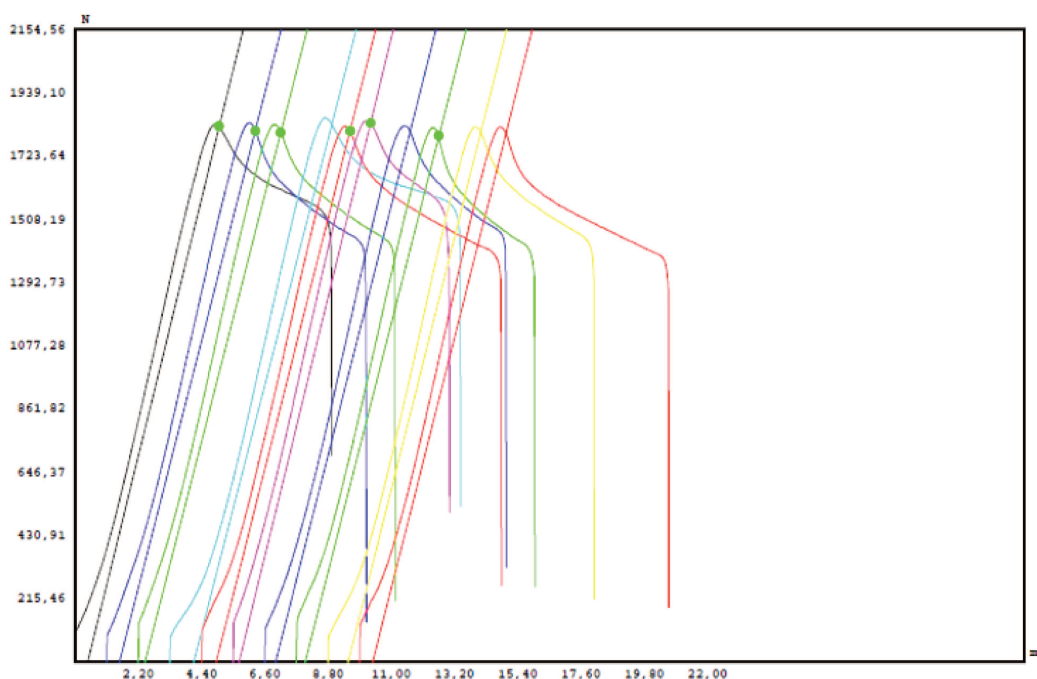
- Do grupo 1 foram selecionadas as amostras: A, C e D.
- Do grupo 2 foi selecionada a amostra: F.
- Do grupo 3 foram selecionadas as amostras: I e M.
- Do grupo 4 foi selecionada a amostra: K.

APÊNDICE B – Ensaio de resistências à tração das amostras antes e após o envelhecimento acelerado.

1 – Amostra TOCON0 natural.

ENSAIO: 00009653 DATA: 10/01/2013 HORA: 10:04:10
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: G366 SEM UV
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1833,87	46,62	46,42	11,16	6,10	810,82	39,335	10,060	3,9100
2	2	1837,80	46,35	45,65	11,30	6,19	772,56	39,647	10,140	3,9100
3	3	1831,91	46,16	45,47	11,18	5,96	769,33	39,687	10,150	3,9100
4	4	1855,45	47,03	0,00	12,64	6,74	773,11	39,452	10,090	3,9100
5	5	1826,03	46,08	45,67	13,04	6,23	784,26	39,631	10,110	3,9200
6	6	1845,64	46,64	46,41	9,43	5,78	811,07	39,575	10,070	3,9300
7	7	1827,99	46,47	0,00	10,50	6,05	785,46	39,335	10,060	3,9100
8	8	1822,10	46,58	45,85	10,38	5,95	787,28	39,117	10,030	3,9000
9	9	1824,07	46,18	0,00	11,58	6,40	791,71	39,497	10,050	3,9300
10	10	1824,07	46,25	0,00	13,44	6,10	787,32	39,435	10,060	3,9200
Valor Mínimo		1822,10	46,08	0,00E+00	9,43	5,78	769,33	39,117	10,030	3,9000
Valor Máximo		1855,45	47,03	46,42	13,44	6,74	811,07	39,687	10,150	3,9300
V. Médio		1832,89	46,44	27,55	11,46	6,15	787,29	39,471	10,082	3,9150
D. Padrão		10,76	0,29	23,71	1,26	0,27	14,50	0,176	0,040	0,0097

2 – Amostra T1C0N0 natural.

ENSAIO: 00009652

DATA: 10/01/2013

HORA: 09:41:55

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: G366 COM TINUVIN SEM CYASORB

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N

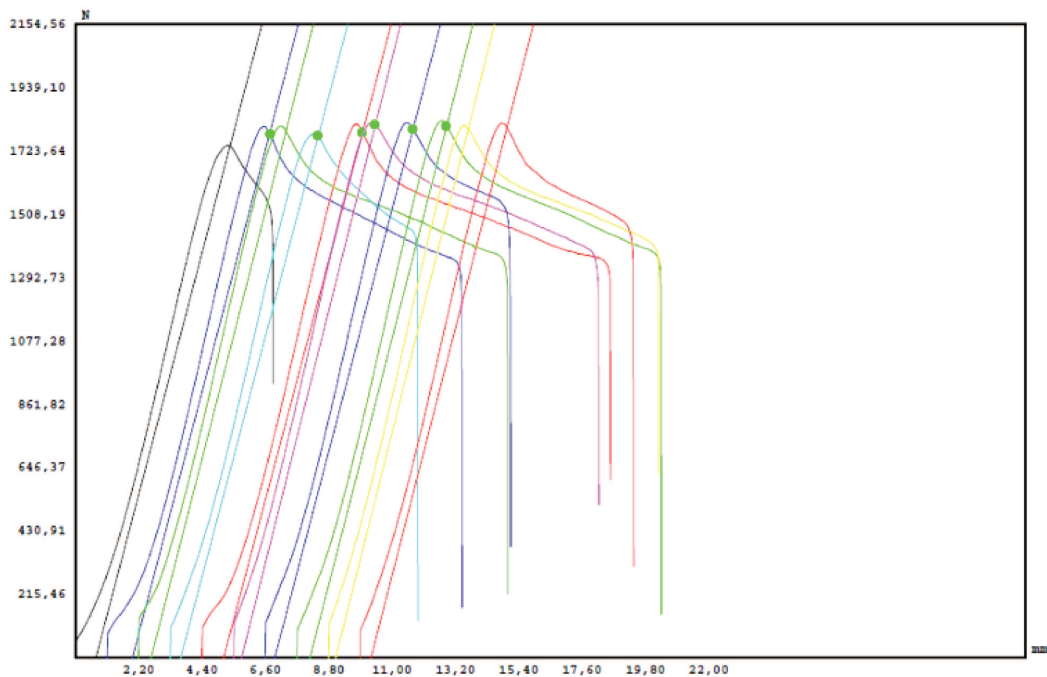
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

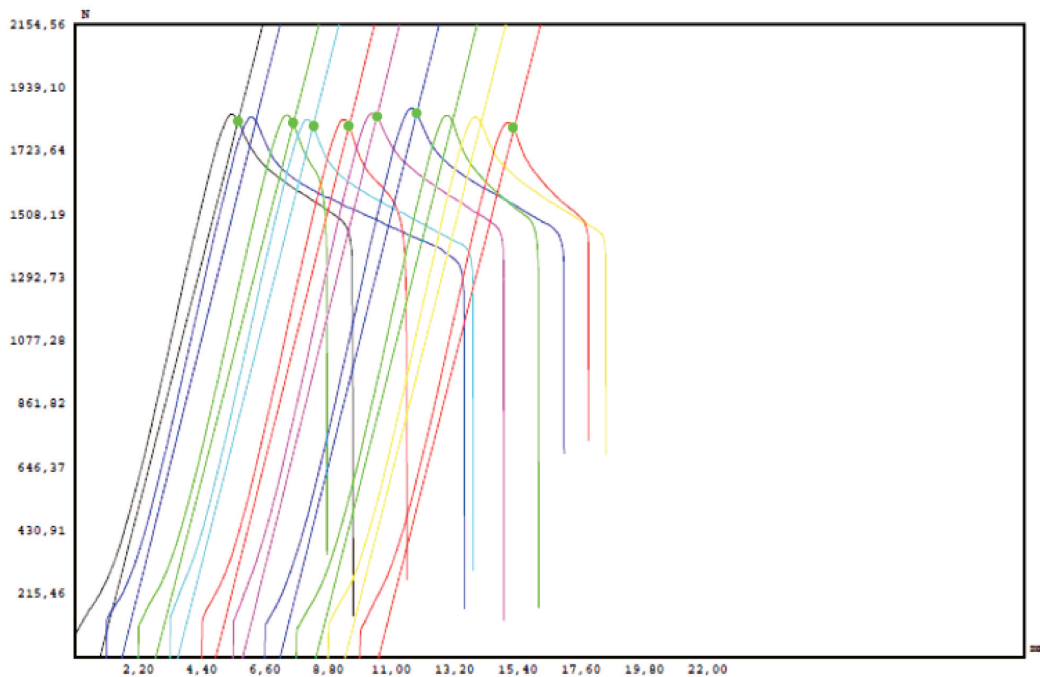


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1743,65	44,26	0,00	8,60	6,66	758,74	39,396	10,050	3,9200
2	2	1808,38	45,75	45,10	15,43	6,88	757,19	39,530	10,110	3,9100
3	3	1810,34	45,89	0,00	16,03	6,15	775,56	39,452	10,090	3,9100
4	4	1782,88	46,93	46,79	10,75	6,29	782,19	37,989	10,050	3,7800
5	5	1814,26	46,92	46,24	17,74	6,74	765,98	38,670	9,890	3,9100
6	6	1822,10	46,09	45,91	15,86	6,06	790,07	39,536	10,060	3,9300
7	7	1822,10	46,21	45,62	10,66	6,14	759,53	39,435	10,060	3,9200
8	8	1827,99	46,76	46,29	15,83	6,29	779,30	39,095	10,050	3,8900
9	9	1810,34	45,89	0,00	14,33	5,93	792,30	39,452	10,090	3,9100
10	10	1820,14	46,11	0,00	11,86	6,14	773,87	39,474	10,070	3,9200
Valor Mínimo		1743,65	44,26	0,00E+00	8,60	5,93	757,19	37,989	9,890	3,7800
Valor Máximo		1827,99	46,93	46,79	17,74	6,88	792,30	39,536	10,110	3,9300
V. Médio		1806,22	46,08	27,60	13,71	6,33	773,47	39,203	10,052	3,9000
D. Padrão		25,25	0,77	23,76	3,01	0,32	12,81	0,503	0,061	0,0434

3 – Amostra T0C05N0 natural

ENSAIO: 00009654 DATA: 10/01/2013 HORA: 10:40:46
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: G366 COM CYASORB SEM TINUVIN
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00 °C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1849,56	47,26	46,66	12,10	6,85	776,93	39,133	10,060	3,8900
2	2	1839,76	47,09	0,00	15,56	6,28	801,48	39,072	10,070	3,8800
3	3	1847,60	46,76	46,08	8,21	6,50	768,64	39,514	10,080	3,9200
4	4	1831,91	46,53	45,97	13,20	5,97	780,86	39,374	10,070	3,9100
5	5	1831,91	46,62	46,06	8,94	6,24	793,51	39,296	10,050	3,9100
6	6	1853,49	46,86	46,57	11,79	6,03	797,64	39,553	10,090	3,9200
7	7	1869,18	48,64	48,22	13,01	6,43	810,66	38,429	10,060	3,8200
8	8	1845,64	47,02	0,00	10,54	6,58	783,58	39,256	10,040	3,9100
9	9	1837,80	46,58	0,00	12,10	6,45	781,82	39,452	10,090	3,9100
10	10	1822,10	46,21	45,76	9,96	6,50	775,47	39,435	10,060	3,9200
Valor Mínimo		1822,10	46,21	0,00E+00	8,21	5,97	768,64	38,429	10,040	3,8200
Valor Máximo		1869,18	48,64	48,22	15,56	6,85	810,66	39,553	10,090	3,9200
V. Médio		1842,90	46,96	32,53	11,54	6,38	787,06	39,251	10,067	3,8990
D. Padrão		13,28	0,67	22,46	2,19	0,26	13,22	0,328	0,017	0,0307

4 – Amostra T1C05N0 natural.

ENSAIO: 00009655

DATA: 10/01/2013

HORA: 10:54:42

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: G366 COMPLETA

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N

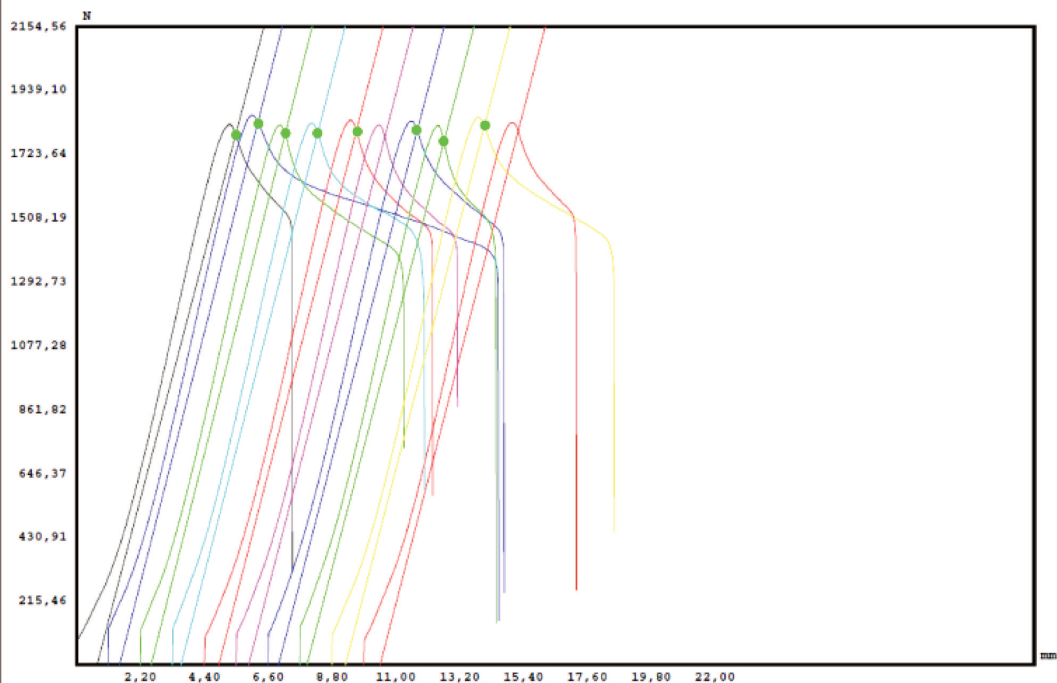
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1822,10	45,93	45,08	9,30	6,63	755,03	39,670	10,120	3,9200
2	2	1855,45	46,70	45,96	16,81	6,16	772,94	39,732	10,110	3,9300
3	3	1822,10	46,09	45,37	11,35	6,05	784,58	39,530	10,110	3,9100
4	4	1827,99	45,92	45,05	10,86	6,00	765,28	39,811	10,130	3,9300
5	5	1837,80	46,58	45,60	9,84	6,34	770,93	39,457	10,040	3,9300
6	6	1822,10	46,47	0,00	9,55	6,18	774,48	39,211	10,080	3,8900
7	7	1833,87	46,37	45,62	10,18	6,24	762,17	39,553	10,090	3,9200
8	8	1818,18	46,01	44,71	8,46	5,97	756,40	39,514	10,080	3,9200
9	9	1847,60	46,90	46,21	12,19	6,30	770,93	39,396	10,050	3,9200
10	10	1829,95	46,40	0,00	9,16	6,38	768,07	39,435	10,060	3,9200
Valor Mínimo		1818,18	45,92	0,00E+00	8,46	5,97	755,03	39,211	10,040	3,8900
Valor Máximo		1855,45	46,90	46,21	16,81	6,63	784,58	39,811	10,130	3,9300
V. Médio		1831,72	46,34	36,36	10,77	6,22	768,08	39,531	10,087	3,9190
D. Padrão		12,15	0,34	19,17	2,40	0,20	8,83	0,174	0,030	0,0119

5 – Amostra T05C05N03 natural.

ENSAIO: 00010036

DATA: 12/03/2013

HORA: 10:21:06

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO:1

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

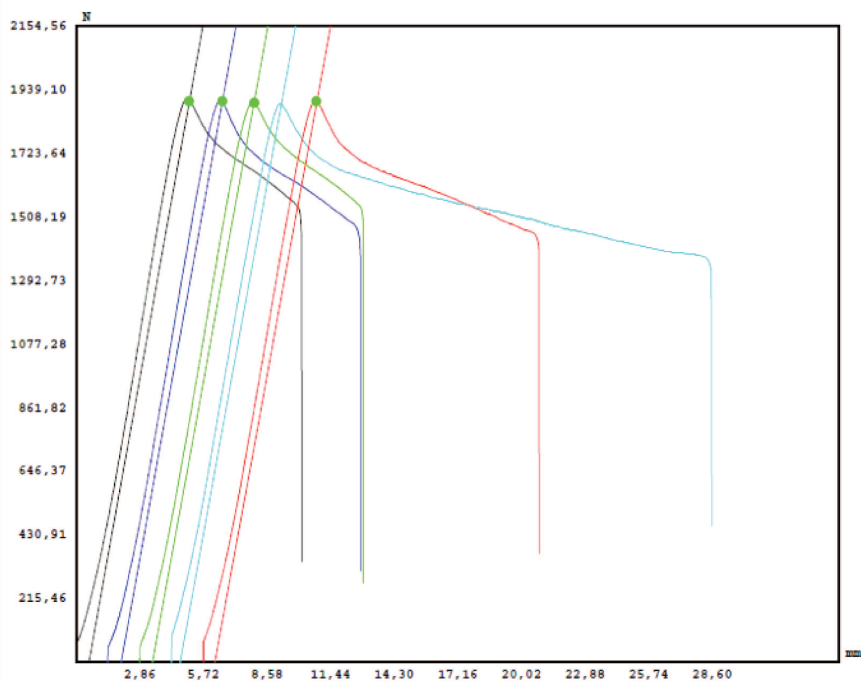
PRÉ CARGA(Demais Amostras):9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE:MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1.1	1910,37	48,42	48,20	12,69	6,28	854,52	39,452	10,090	3,9100
2	1.2	1904,48	48,33	48,25	14,21	6,31	846,66	39,406	10,130	3,8900
3	1.3	1896,64	47,61	47,59	12,56	6,38	834,03	39,838	10,060	3,9600
4	1.4	1892,71	48,39	0,00	30,36	6,18	847,64	39,117	10,030	3,9000
5	1.5	1904,48	48,78	48,71	18,89	6,30	848,42	39,039	10,010	3,9000
Valor Mínimo		1892,71	47,61	0,00E+00	12,56	6,18	834,03	39,039	10,010	3,8900
Valor Máximo		1910,37	48,78	48,71	30,36	6,38	854,52	39,838	10,130	3,9600
V. Médio		1901,74	48,31	38,55	17,74	6,29	846,25	39,370	10,064	3,9120
D. Padrão		7,03	0,43	21,55	7,51	0,07	7,49	0,316	0,048	0,0278

6 – Amostra T05C05N09 natural.

ENSAIO: 00010040

DATA: 12/03/2013

HORA: 15:39:32

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO:2

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

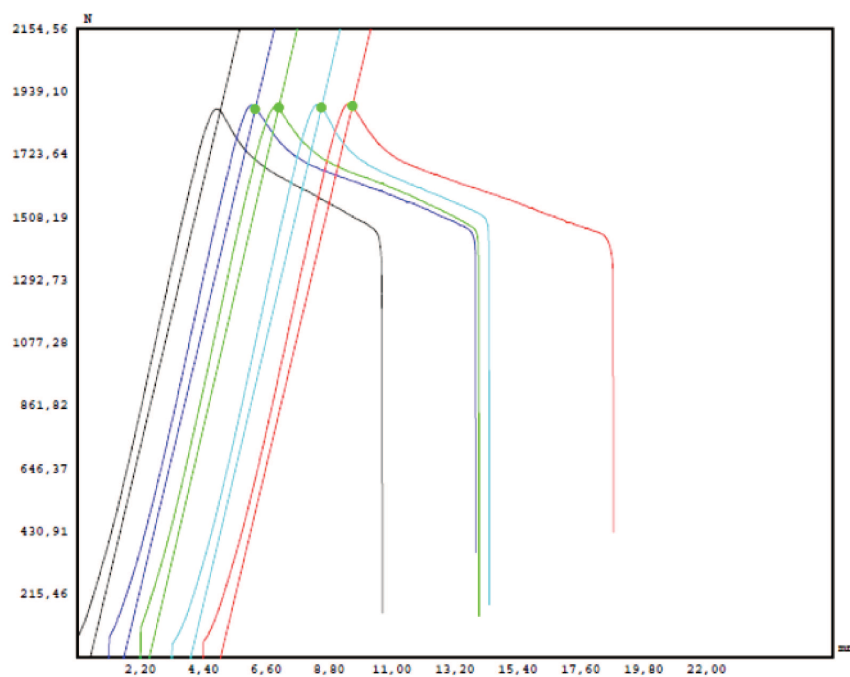
PRÉ CARGA(Demais Amostras):9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE:MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	2.1	1880,95	47,62	0,00	13,34	6,09	834,27	39,497	10,050	3,9300
2	2.2	1894,68	47,90	47,52	16,04	6,21	826,99	39,558	10,040	3,9400
3	2.3	1886,83	46,90	46,86	14,81	5,94	827,59	40,234	10,160	3,9600
4	2.4	1894,68	48,02	47,78	13,89	6,41	835,10	39,457	10,040	3,9300
5	2.5	1898,60	48,36	48,16	17,94	6,41	835,06	39,256	10,040	3,9100
Valor Mínimo		1880,95	46,90	0,00E+00	13,34	5,94	826,99	39,256	10,040	3,9100
Valor Máximo		1898,60	48,36	48,16	17,94	6,41	835,10	40,234	10,160	3,9600
V. Médio		1891,14	47,76	38,06	15,20	6,21	831,80	39,600	10,066	3,9340
D. Padrão		7,13	0,55	21,28	1,84	0,21	4,13	0,372	0,053	0,0182

7 – Amostra T05C2N03 natural.

ENSAIO: 00010041

DATA: 12/03/2013

HORA: 15:49:39

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO:3

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

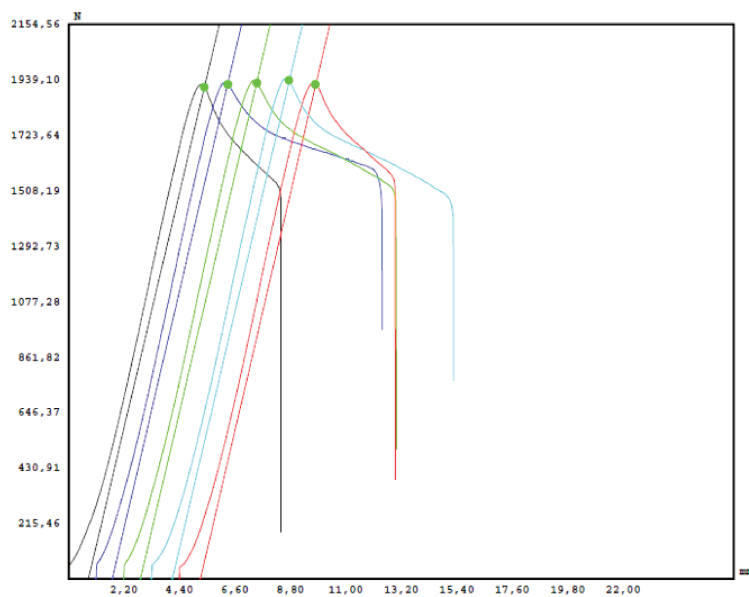
PRÉ CARGA(Demais Amostras):9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE:MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	3.1	1924,10	48,82	48,52	10,54	6,64	842,92	39,413	10,080	3,9100
2	3.2	1931,94	49,02	48,79	14,20	6,41	852,49	39,413	10,080	3,9100
3	3.3	1937,83	49,20	48,95	13,51	6,43	849,42	39,390	10,100	3,9000
4	3.4	1945,67	49,32	49,15	14,98	6,64	845,44	39,452	10,090	3,9100
5	3.5	1929,98	48,87	48,69	10,71	6,66	849,94	39,491	10,100	3,9100
Valor Mínimo		1924,10	48,82	48,52	10,54	6,41	842,92	39,390	10,080	3,9000
Valor Máximo		1945,67	49,32	49,15	14,98	6,66	852,49	39,491	10,100	3,9100
V. Médio		1933,90	49,04	48,82	12,79	6,55	848,04	39,432	10,090	3,9080
D. Padrão		8,19	0,21	0,24	2,04	0,12	3,82	0,042	0,011	0,0044

8 – Amostra T05C2N09 natural.

ENSAIO: 00010042

DATA: 12/03/2013

HORA: 16:11:19

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO:4

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

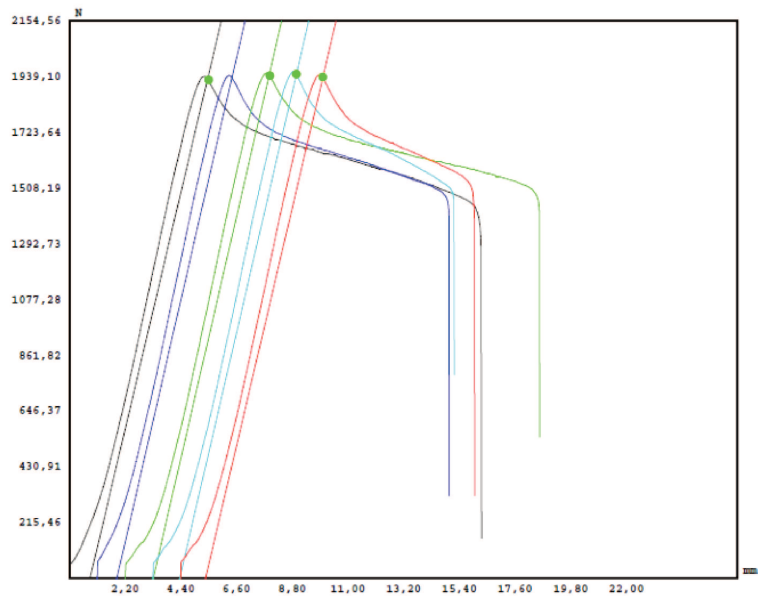
PRÉ CARGA(Demais Amostras):9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE:MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	4.1	1941,75	49,25	48,91	20,35	6,69	844,23	39,429	10,110	3,9000
2	4.2	1945,67	49,19	0,00	17,39	6,50	861,75	39,553	10,090	3,9200
3	4.3	1953,52	49,57	49,34	20,46	6,98	862,01	39,413	10,080	3,9100
4	4.4	1957,44	49,22	49,03	14,88	6,96	849,79	39,772	10,120	3,9300
5	4.5	1949,59	49,66	49,40	14,51	6,84	851,37	39,256	10,040	3,9100
Valor Mínimo		1941,75	49,19	0,00E+00	14,51	6,50	844,23	39,256	10,040	3,9000
Valor Máximo		1957,44	49,66	49,40	20,46	6,98	862,01	39,772	10,120	3,9300
V. Médio		1949,59	49,38	39,33	17,52	6,79	853,83	39,485	10,088	3,9140
D. Padrão		6,21	0,22	21,99	2,86	0,20	7,81	0,192	0,031	0,0113

9 – Amostra T2C05N03 natural.

ENSAIO: 00010044

DATA: 12/03/2013

HORA: 16:56:53

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: 5

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

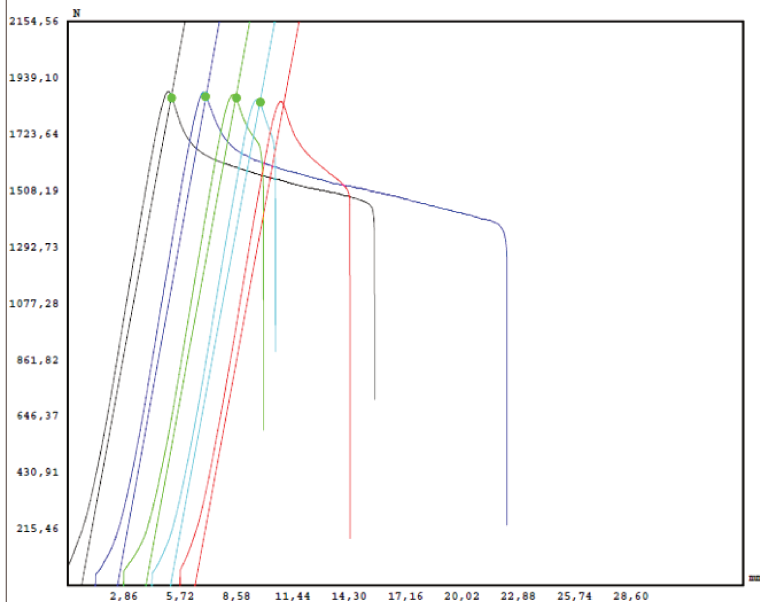
PRÉ CARGA(Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	5.1	1888,79	48,00	47,36	19,51	6,43	834,76	39,351	10,090	3,9000
2	5.2	1886,83	47,78	47,33	26,11	6,85	843,15	39,491	10,100	3,9100
3	5.3	1877,02	47,50	47,17	8,88	6,95	826,14	39,514	10,080	3,9200
4	5.4	1857,41	46,91	46,66	7,85	6,68	821,85	39,592	10,100	3,9200
5	5.5	1849,56	46,72	0,00	10,80	6,44	824,39	39,592	10,100	3,9200
Valor Mínimo		1849,56	46,72	0,00E+00	7,85	6,43	821,85	39,351	10,080	3,9000
Valor Máximo		1888,79	48,00	47,36	26,11	6,95	843,15	39,592	10,100	3,9200
V. Médio		1871,92	47,38	37,70	14,63	6,67	830,06	39,508	10,094	3,9140
D. Padrão		17,64	0,55	21,08	7,90	0,24	8,79	0,099	0,009	0,0091

10 – Amostra T2C05N09 natural.

ENSAIO: 00010055

DATA: 13/03/2013

HORA: 15:58:58

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: FORM 6

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N

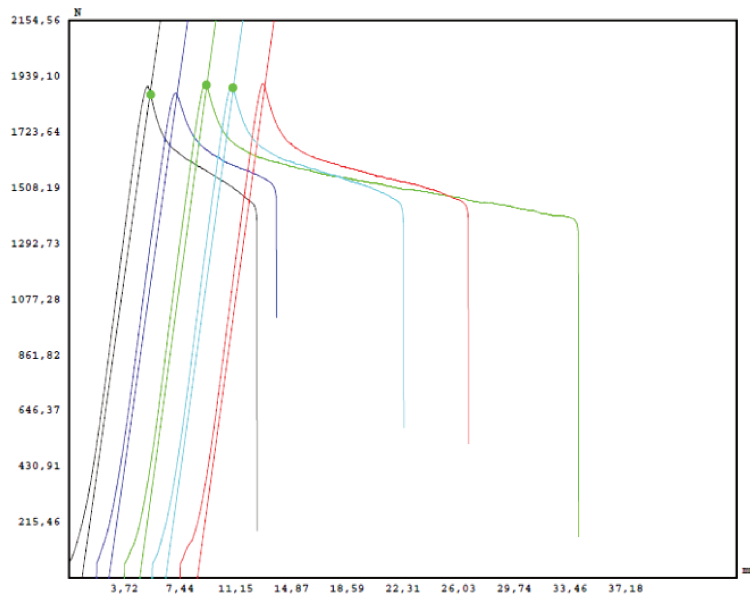
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

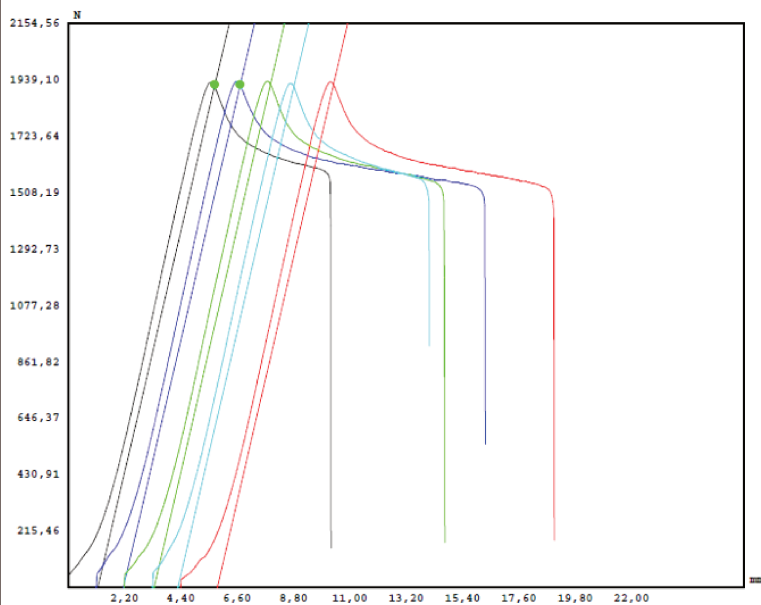


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	6.1	1898,60	48,05	47,30	15,74	6,63	835,64	39,514	10,080	3,9200
2	6.2	1875,06	47,36	0,00	15,01	6,64	829,66	39,592	10,100	3,9200
3	6.3	1912,33	48,35	48,21	37,91	6,76	859,53	39,553	10,090	3,9200
4	6.4	1904,48	48,10	47,89	21,00	6,66	848,87	39,592	10,100	3,9200
5	6.5	1912,33	48,35	0,00	24,08	6,96	853,21	39,553	10,090	3,9200
Valor Mínimo		1875,06	47,36	0,00E+00	15,01	6,63	829,66	39,514	10,080	3,9200
Valor Máximo		1912,33	48,35	48,21	37,91	6,96	859,53	39,592	10,100	3,9200
V. Médio		1900,56	48,04	28,68	22,75	6,73	845,38	39,561	10,092	3,9200
D. Padrão		15,39	0,41	26,18	9,27	0,14	12,41	0,034	0,008	0,0008

11 – Amostra T2C2N03 natural.

ENSAIO: 00010056 **DATA:** 13/03/2013 **HORA:** 16:19:59
NORMA: ISO 527 SEM FIBRA **TRABALHO REALIZADO:** TRAÇÃO
IDENTIFICAÇÃO: FORM 7
CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) **PRÉ CARGA (1a. Amostra):** 9,81 N **PRÉ CARGA (Demais Amostras):** 9,81 N
VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
TEMPERATURA: 25,00°C **UMIDADE RELATIVA:** 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	7.1	1931,94	48,84	48,62	12,84	6,99	849,47	39,553	10,090	3,9200
2	7.2	1935,86	48,94	48,62	18,99	6,91	851,20	39,553	10,090	3,9200
3	7.3	1935,86	48,63	0,00	15,64	6,96	851,85	39,811	10,130	3,9300
4	7.4	1928,02	49,09	0,00	13,51	6,74	860,02	39,273	10,070	3,9000
5	7.5	1933,90	49,14	0,00	18,24	7,31	860,93	39,351	10,090	3,9000
Valor Mínimo		1928,02	48,63	0,00E+00	12,84	6,74	849,47	39,273	10,070	3,9000
Valor Máximo		1935,86	49,14	48,62	18,99	7,31	860,93	39,811	10,130	3,9300
V. Médio		1933,12	48,93	19,45	15,84	6,98	854,69	39,508	10,094	3,9140
D. Padrão		3,25	0,21	26,63	2,74	0,21	5,37	0,210	0,022	0,0135

12 – Amostra T2C2N09 natural.

ENSAIO: 00010057

DATA: 13/03/2013

HORA: 16:36:24

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: FORM 8

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 9,81 N

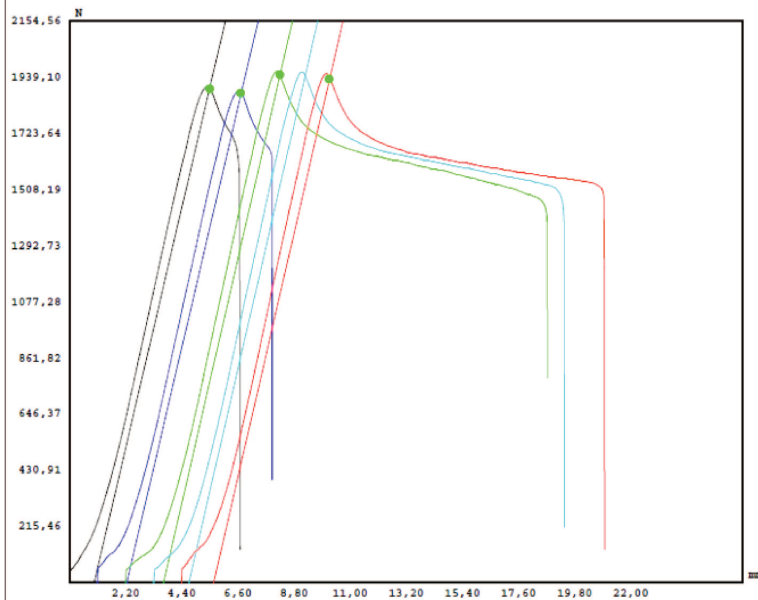
PRÉ CARGA(Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

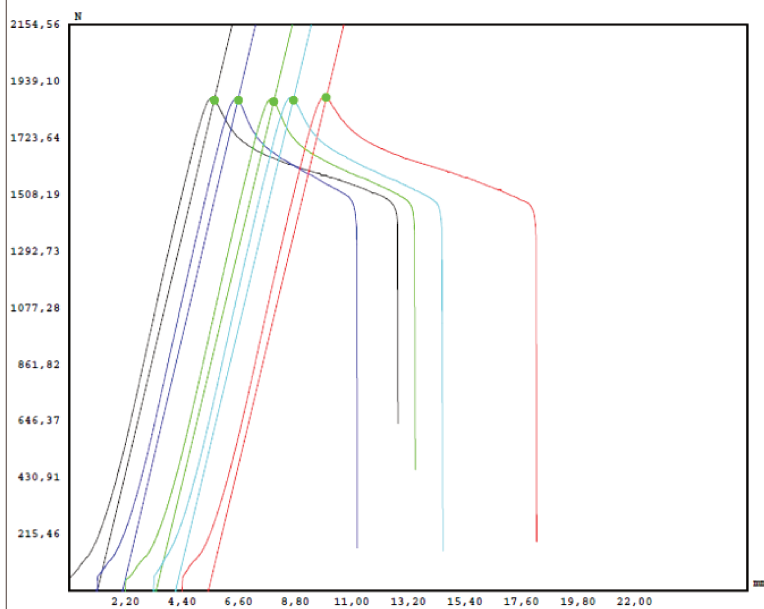


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	8.1	1902,52	47,88	47,72	8,36	6,78	845,00	39,732	10,110	3,9300
2	8.2	1884,87	47,68	47,55	8,56	6,96	847,68	39,530	10,110	3,9100
3	8.3	1963,32	49,72	49,38	20,68	7,44	864,62	39,491	10,100	3,9100
4	8.4	1961,36	49,81	0,00	20,14	7,28	866,33	39,374	10,070	3,9100
5	8.5	1955,48	49,49	48,94	20,73	7,10	860,67	39,514	10,080	3,9200
Valor Mínimo		1884,87	47,68	0,00E+00	8,36	6,78	845,00	39,374	10,070	3,9100
Valor Máximo		1963,32	49,81	49,38	20,73	7,44	866,33	39,732	10,110	3,9300
V. Médio		1933,51	48,92	38,72	15,69	7,11	856,86	39,528	10,094	3,9160
D. Padrão		36,99	1,04	21,66	6,60	0,26	9,87	0,130	0,018	0,0090

13 – Amostra TOC0N03 natural.

ENSAIO: 00010058 DATA: 13/03/2013 HORA: 16:47:06
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: FORM 9
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

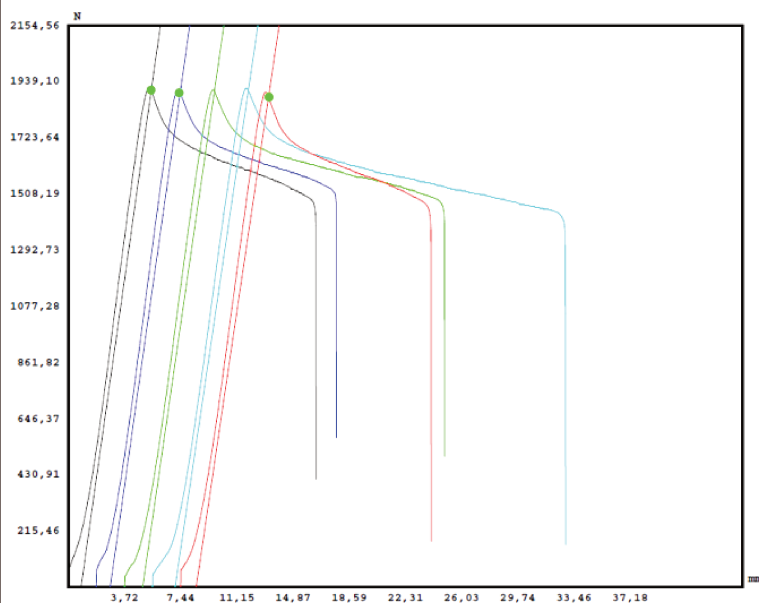


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	9.1	1878,98	47,61	47,36	16,01	6,94	834,01	39,468	10,120	3,9000
2	9.2	1875,06	47,48	47,33	12,65	6,74	844,10	39,491	10,100	3,9100
3	9.3	1873,10	47,22	46,98	14,09	7,09	821,16	39,670	10,120	3,9200
4	9.4	1878,98	47,46	47,21	14,06	6,66	825,37	39,592	10,100	3,9200
5	9.5	1882,91	47,46	47,39	17,24	6,95	825,46	39,670	10,120	3,9200
Valor Mínimo		1873,10	47,22	46,98	12,65	6,66	821,16	39,468	10,100	3,9000
Valor Máximo		1882,91	47,61	47,39	17,24	7,09	844,10	39,670	10,120	3,9200
V. Médio		1877,81	47,45	47,25	14,81	6,88	830,02	39,578	10,112	3,9140
D. Padrão		3,81	0,14	0,17	1,81	0,17	9,15	0,097	0,011	0,0091

14 – Amostra T0C0N09 natural.

ENSAIO: 00010084 DATA: 15/03/2013 HORA: 14:25:24
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: FORM 10
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	10.1	1914,29	48,35	48,16	20,51	6,70	828,86	39,592	10,100	3,9200
2	10.2	1908,40	48,08	47,77	19,86	6,71	824,21	39,693	10,100	3,9300
3	10.3	1908,40	48,20	0,00	26,50	7,30	808,98	39,592	10,100	3,9200
4	10.4	1914,29	48,13	0,00	34,19	7,80	791,21	39,772	10,120	3,9300
5	10.5	1898,60	47,74	47,27	20,74	7,03	790,14	39,772	10,120	3,9300
Valor Mínimo		1898,60	47,74	0,00E+00	19,86	6,70	790,14	39,592	10,100	3,9200
Valor Máximo		1914,29	48,35	48,16	34,19	7,80	828,86	39,772	10,120	3,9300
V. Médio		1908,80	48,10	28,64	24,36	7,11	808,68	39,684	10,108	3,9260
D. Padrão		6,41	0,23	26,15	6,11	0,46	18,01	0,091	0,011	0,0054

15 – Amostra T125C125N06-1 natural.

ENSAIO: 00010085

DATA: 15/03/2013

HORA: 14:49:05

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: FORM 11

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N

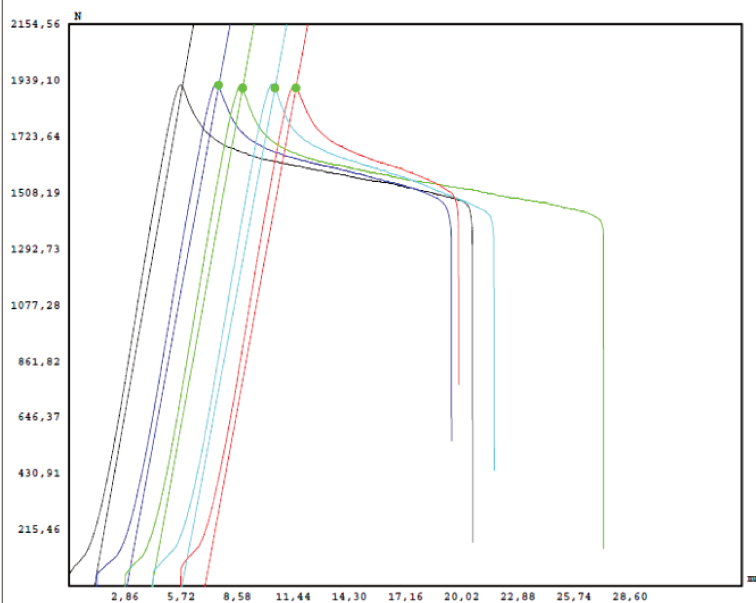
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

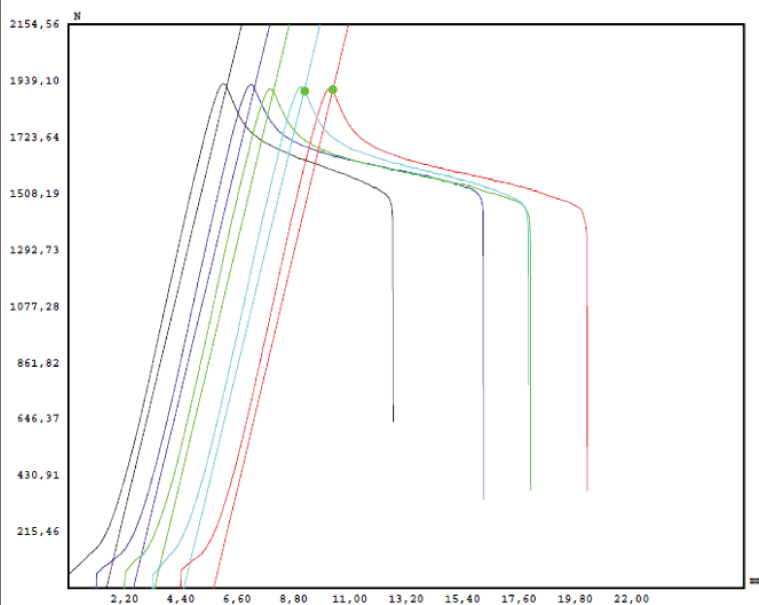


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm ²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	11.1	1924,10	48,09	0,00	25,74	7,16	854,86	40,014	10,130	3,9500
2	11.2	1928,02	48,23	48,10	22,61	7,66	820,97	39,974	10,120	3,9500
3	11.3	1918,21	47,89	47,74	30,51	7,38	826,91	40,053	10,140	3,9500
4	11.4	1926,06	48,52	48,17	21,74	7,56	814,39	39,693	10,100	3,9300
5	11.5	1922,13	48,04	47,79	17,70	7,20	823,49	40,014	10,130	3,9500
Valor Mínimo		1918,21	47,89	0,00E+00	17,70	7,16	814,39	39,693	10,100	3,9300
Valor Máximo		1928,02	48,52	48,17	30,51	7,66	854,86	40,053	10,140	3,9500
V. Médio		1923,70	48,15	38,36	23,66	7,39	828,12	39,949	10,124	3,9460
D. Padrão		3,78	0,24	21,45	4,79	0,22	15,64	0,145	0,015	0,0087

16 – Amostra T125C125N06-2 natural.

ENSAIO: 00010086 DATA: 15/03/2013 HORA: 15:08:59
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: FORM 12
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	12.1	1929,98	48,87	0,00	15,88	7,56	825,99	39,491	10,100	3,9100
2	12.2	1928,02	48,60	0,00	18,91	7,55	815,68	39,670	10,120	3,9200
3	12.3	1910,37	48,36	0,00	19,84	7,11	828,94	39,507	10,130	3,9000
4	12.4	1918,21	48,18	47,76	18,36	7,24	814,36	39,811	10,130	3,9300
5	12.5	1912,33	48,08	47,94	19,85	7,25	824,28	39,772	10,120	3,9300
Valor Mínimo		1910,37	48,08	0,00E+00	15,88	7,11	814,36	39,491	10,100	3,9000
Valor Máximo		1929,98	48,87	47,94	19,85	7,56	828,94	39,811	10,130	3,9300
V. Médio		1919,78	48,42	19,14	18,57	7,34	821,85	39,650	10,120	3,9180
D. Padrão		8,92	0,32	26,21	1,63	0,20	6,46	0,149	0,012	0,0131

17 – Amostra T125C125N06-3 natural.

ENSAIO: 00010087

DATA: 15/03/2013

HORA: 15:17:42

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: FORM 13

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 9,81 N

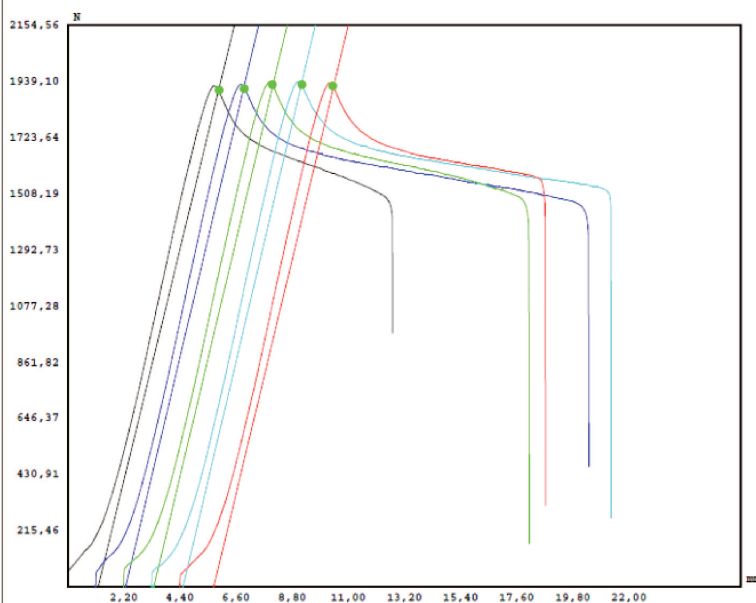
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 9,81 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	13.1	1924,10	48,70	48,26	15,93	7,16	817,39	39,507	10,130	3,9000
2	13.2	1929,98	48,55	48,11	24,18	7,11	832,36	39,749	10,140	3,9200
3	13.3	1937,83	48,68	48,44	19,89	7,16	828,52	39,811	10,130	3,9300
4	13.4	1939,79	48,68	48,39	22,51	7,22	834,46	39,850	10,140	3,9300
5	13.5	1935,86	48,83	48,50	17,93	7,33	825,24	39,647	10,140	3,9100
Valor Mínimo		1924,10	48,55	48,11	15,93	7,11	817,39	39,507	10,130	3,9000
Valor Máximo		1939,79	48,83	48,50	24,18	7,33	834,46	39,850	10,140	3,9300
V. Médio		1933,51	48,69	48,34	20,09	7,20	827,60	39,713	10,136	3,9180
D. Padrão		6,44	0,10	0,16	3,34	0,08	6,72	0,138	0,006	0,0131

18 – Amostra T1C0N0 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011414

DATA: 05/10/2013

HORA: 11:23:32

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: 1 NATURAL

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA(1a. Amostra): 14,71 N

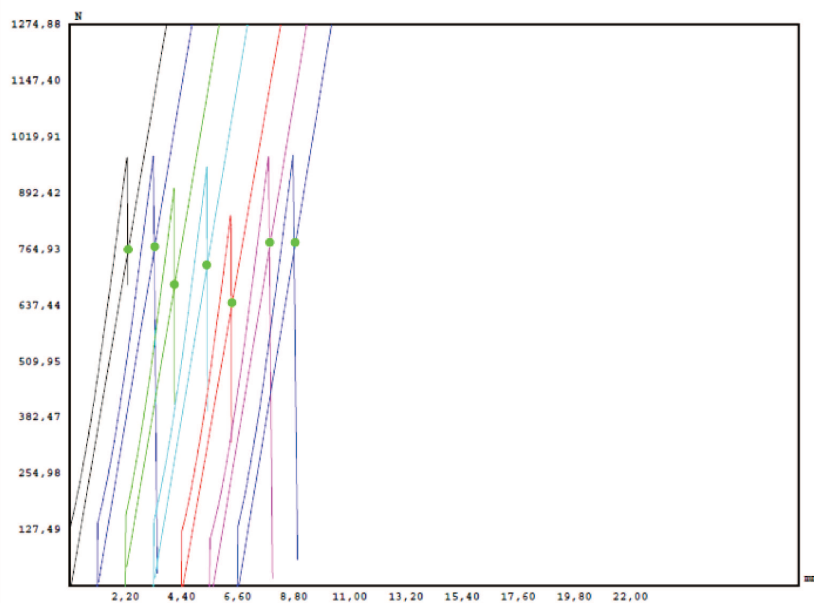
PRÉ CARGA(Demais Amostras): 14,71 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

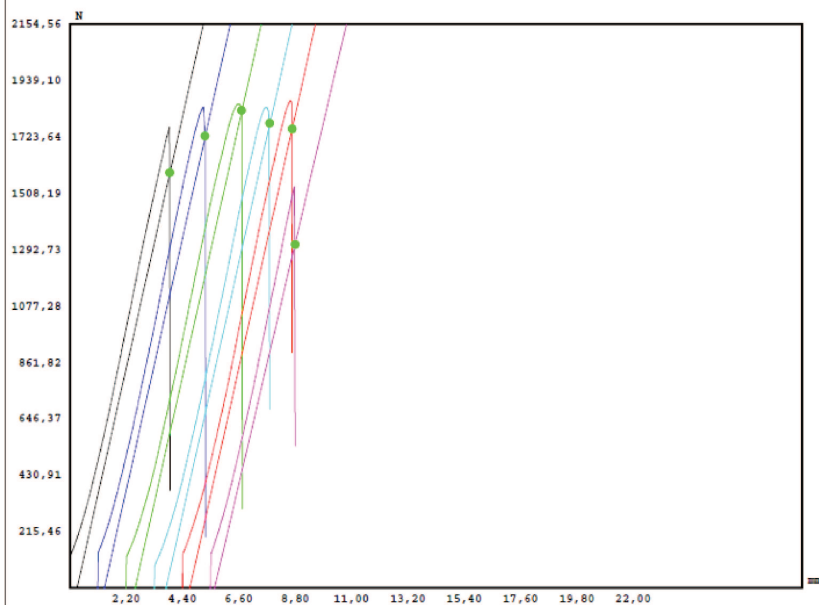


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	973,82	24,72	19,42	2,88	2,84	682,00	39,390	10,100	3,9000
2	2	977,74	24,87	19,62	2,95	2,75	694,08	39,312	10,080	3,9000
3	3	904,19	22,87	17,33	2,41	2,40	677,73	39,530	10,110	3,9100
4	4	953,22	24,30	18,60	2,65	2,63	694,17	39,234	10,060	3,9000
5	5	842,40	21,47	16,41	2,46	2,41	669,24	39,234	10,060	3,9000
6	7	975,78	24,85	19,88	3,10	2,90	709,89	39,273	10,070	3,9000
7	7	978,72	24,90	19,86	2,94	2,73	702,95	39,312	10,080	3,9000
Valor Mínimo		842,40	21,47	16,41	2,41	2,40	669,24	39,234	10,060	3,9000
Valor Máximo		978,72	24,90	19,88	3,10	2,90	709,89	39,530	10,110	3,9100
V. Médio		943,69	24,00	18,73	2,77	2,66	690,01	39,326	10,080	3,9014
D. Padrão		52,01	1,33	1,37	0,26	0,20	14,40	0,105	0,019	0,0039

19 – Amostra T0C0N0 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011415 DATA: 05/10/2013 HORA: 11:32:23
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 2 NATURAL
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

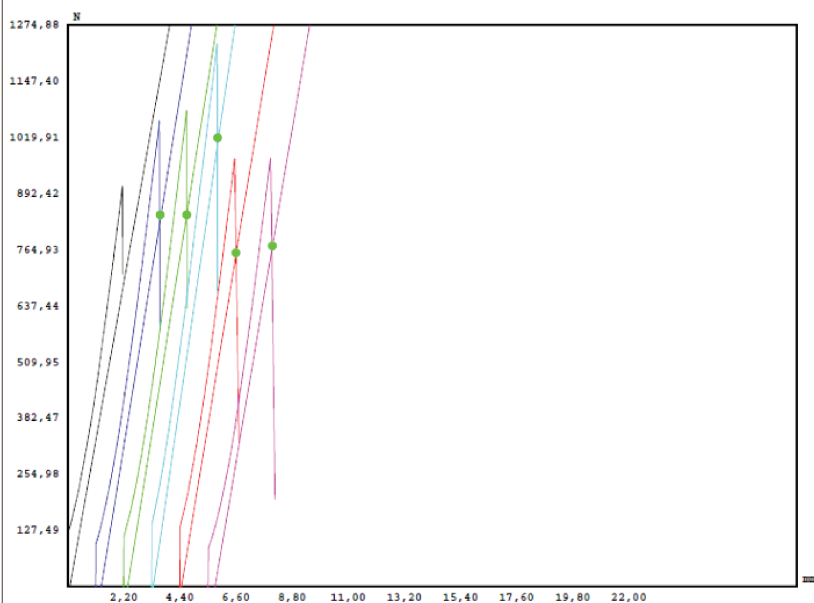


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1763,26	44,51	40,11	4,91	4,88	882,86	39,614	10,080	3,9300
2	2	1839,76	46,65	43,84	5,25	5,15	888,62	39,435	10,060	3,9200
3	3	1851,53	46,62	45,98	5,69	5,54	881,01	39,715	10,080	3,9400
4	4	1837,80	46,65	45,12	5,64	5,44	888,56	39,396	10,050	3,9200
5	6	1861,33	47,03	44,37	5,36	5,33	888,81	39,575	10,070	3,9300
6	7	1534,77	39,00	33,39	4,13	4,09	850,83	39,357	10,040	3,9200
Valor Mínimo		1534,77	39,00	33,39	4,13	4,09	850,83	39,357	10,040	3,9200
Valor Máximo		1861,33	47,03	45,98	5,69	5,54	888,81	39,715	10,080	3,9400
V. Médio		1781,41	45,08	42,14	5,16	5,07	880,11	39,515	10,063	3,9267
D. Padrão		125,74	3,11	4,73	0,58	0,53	14,73	0,141	0,016	0,0081

20 – Amostra T0C05N0 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011416 DATA: 05/10/2013 HORA: 11:37:35
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 3 NATURAL
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

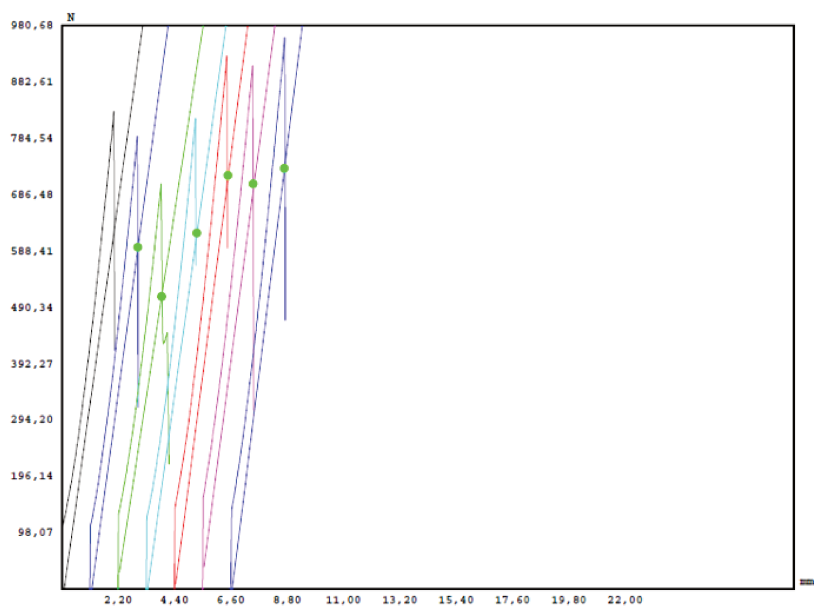


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	910,07	23,05	0,00	2,71	2,69	650,96	39,474	10,070	3,9200
2	2	1059,14	26,64	21,25	3,15	3,13	726,60	39,755	10,090	3,9400
3	3	1081,69	27,14	21,19	3,11	3,09	731,87	39,856	10,090	3,9500
4	4	1233,70	31,06	25,68	3,23	3,21	801,64	39,715	10,080	3,9400
5	5	972,84	24,52	19,12	2,90	2,69	700,56	39,676	10,070	3,9400
6	6	973,82	24,79	19,72	3,29	3,08	700,03	39,278	10,020	3,9200
Valor Mínimo		910,07	23,05	0,00E+00	2,71	2,69	650,96	39,278	10,020	3,9200
Valor Máximo		1233,70	31,06	25,68	3,29	3,21	801,64	39,856	10,090	3,9500
V. Médio		1038,54	26,20	17,83	3,06	2,98	718,61	39,626	10,070	3,9350
D. Padrão		114,35	2,81	9,03	0,22	0,23	49,76	0,212	0,026	0,0122

21 – Amostra T1C05N0 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011417 DATA: 05/10/2013 HORA: 11:43:33
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 4 NATURAL
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

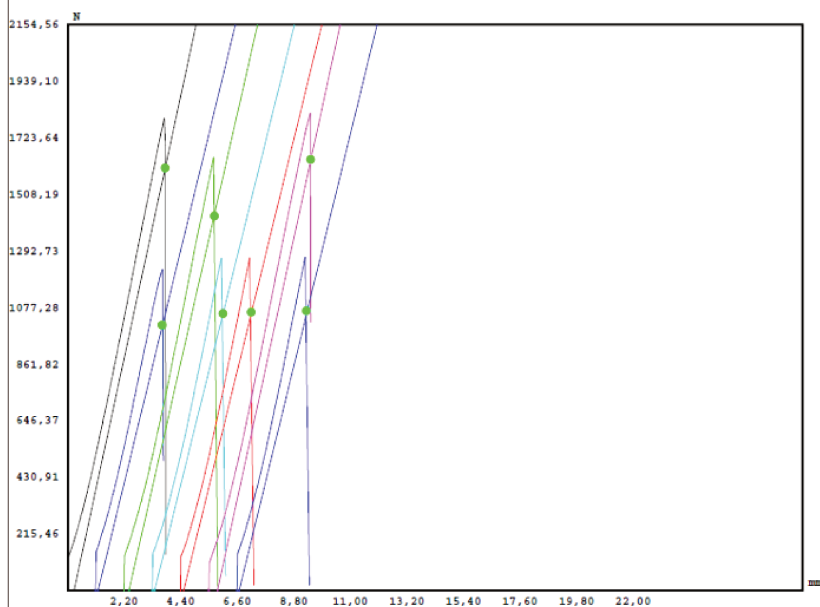


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	832,60	21,12	0,00	2,58	2,55	649,73	39,429	10,110	3,9000
2	2	789,45	20,10	15,17	2,36	2,33	670,05	39,273	10,070	3,9000
3	3	706,09	17,84	12,89	2,49	2,10	578,65	39,575	10,070	3,9300
4	4	819,85	20,92	15,83	2,44	2,41	643,61	39,195	10,050	3,9000
5	5	928,70	23,56	18,29	2,59	2,56	689,66	39,413	10,080	3,9100
6	6	912,03	23,15	17,93	2,50	2,45	677,68	39,390	10,100	3,9000
7	7	961,07	24,32	18,55	2,66	2,64	711,88	39,514	10,080	3,9200
Valor Mínimo		706,09	17,84	0,00E+00	2,36	2,10	578,65	39,195	10,050	3,9000
Valor Máximo		961,07	24,32	18,55	2,66	2,64	711,88	39,575	10,110	3,9300
V. Médio		849,97	21,57	14,09	2,52	2,43	660,18	39,398	10,080	3,9086
D. Padrão		89,41	2,26	6,54	0,10	0,18	42,77	0,130	0,020	0,0121

22 – Amostra T05C05N03 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011401 DATA: 05/10/2013 HORA: 09:48:18
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 1 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1800,53	45,40	40,61	4,78	4,71	915,66	39,658	10,040	3,9500
2	2	1224,87	30,73	25,41	3,29	3,25	801,72	39,856	10,090	3,9500
3	3	1651,47	41,48	35,85	4,56	4,36	865,62	39,816	10,080	3,9500
4	4	1268,02	31,82	26,49	3,56	3,36	795,39	39,856	10,090	3,9500
5	5	1269,00	31,92	26,69	3,58	3,36	806,42	39,755	10,090	3,9400
6	6	1820,14	45,62	41,18	4,96	4,94	904,93	39,895	10,100	3,9500
7	7	1271,94	32,14	26,95	3,53	3,31	811,88	39,579	10,020	3,9500
Valor Mínimo		1224,87	30,73	25,41	3,29	3,25	795,39	39,579	10,020	3,9400
Valor Máximo		1820,14	45,62	41,18	4,96	4,94	915,66	39,895	10,100	3,9500
V. Médio		1472,28	37,02	31,88	4,04	3,90	843,09	39,773	10,073	3,9486
D. Padrão		272,41	6,84	7,08	0,70	0,74	51,48	0,116	0,030	0,0036

23 – Amostra T05C05N09 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011402

DATA: 05/10/2013

HORA: 09:59:14

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: 2 NF

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N

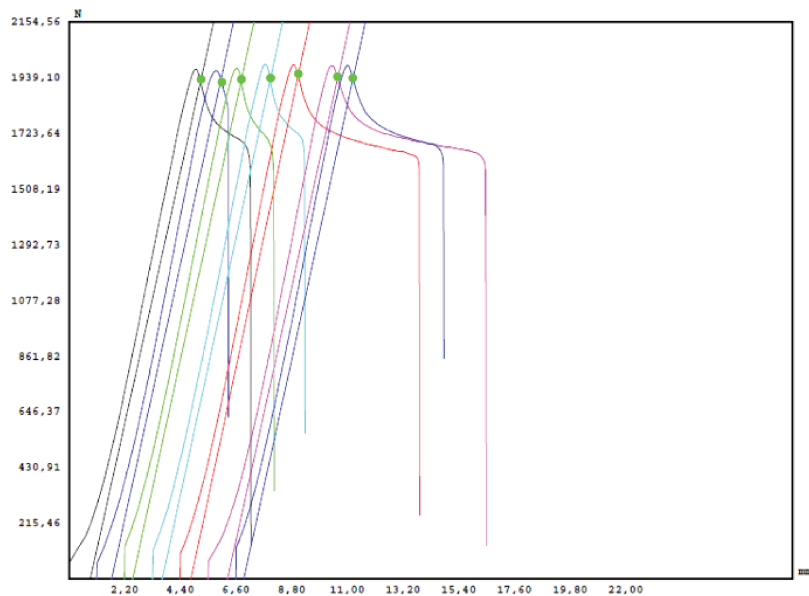
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

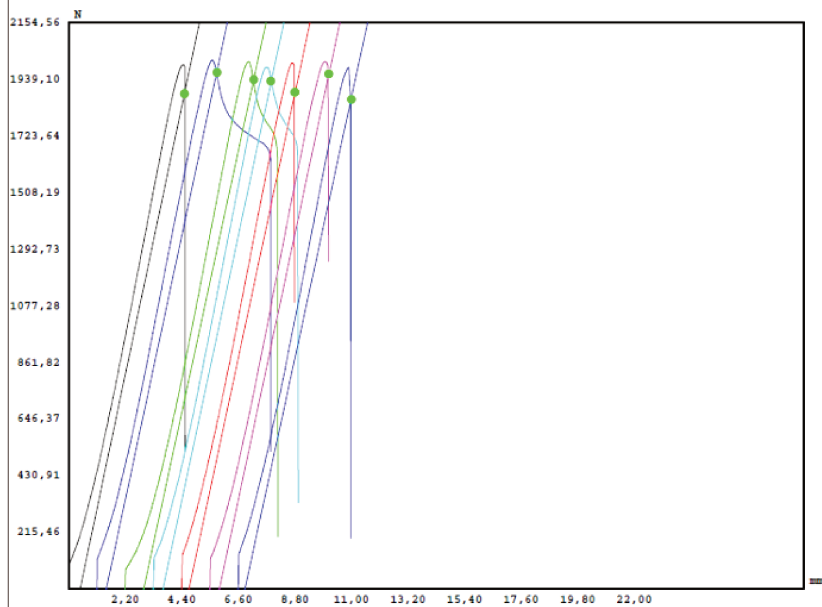


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1973,13	49,51	48,52	9,00	6,25	886,69	39,856	10,090	3,9500
2	2	1967,25	49,48	48,37	6,51	5,89	899,72	39,755	10,090	3,9400
3	3	1977,05	49,93	48,83	7,39	5,56	907,81	39,597	10,050	3,9400
4	4	1992,74	50,18	48,83	7,54	5,55	912,29	39,715	10,080	3,9400
5	5	1990,78	50,05	49,16	11,84	5,61	923,99	39,777	10,070	3,9500
6	6	1986,86	50,23	49,16	13,75	6,16	899,59	39,558	10,040	3,9400
7	7	1988,82	50,11	48,85	10,28	5,50	904,15	39,693	10,100	3,9300
Valor Mínimo		1967,25	49,48	48,37	6,51	5,50	886,69	39,558	10,040	3,9300
Valor Máximo		1992,74	50,23	49,16	13,75	6,25	923,99	39,856	10,100	3,9500
V. Médio		1982,38	49,93	48,82	9,47	5,79	904,89	39,707	10,074	3,9414
D. Padrão		9,82	0,31	0,29	2,63	0,31	11,65	0,103	0,022	0,0067

24 – Amostra T05C2N03 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011403 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:10:43
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 3 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

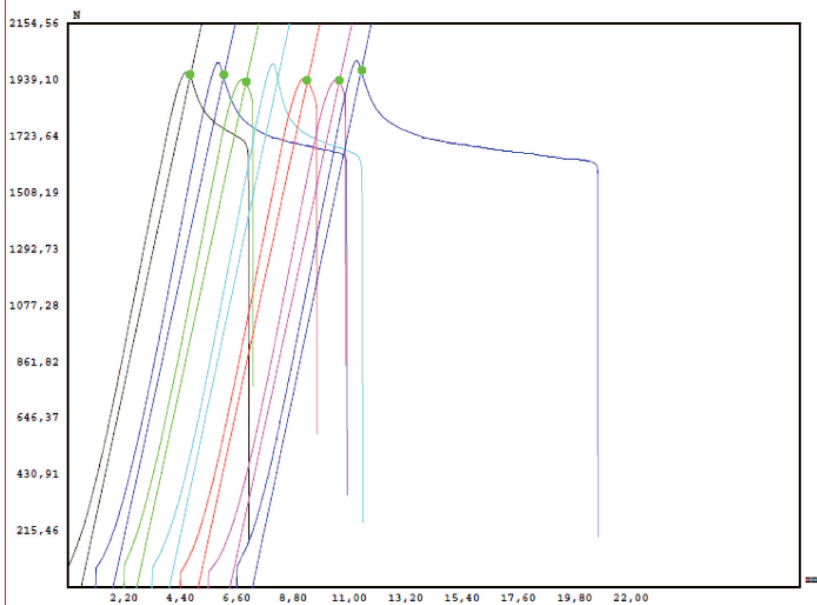


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1996,67	49,92	47,14	5,66	5,59	928,77	39,996	10,100	3,9600
2	2	2014,32	50,59	49,38	8,47	5,63	919,83	39,816	10,080	3,9500
3	3	2008,43	50,44	48,70	7,43	6,03	910,25	39,816	10,080	3,9500
4	4	1986,86	50,11	48,77	7,04	5,56	925,02	39,654	10,090	3,9300
5	5	2000,59	50,02	47,27	5,49	5,43	916,39	39,996	10,100	3,9600
6	6	2008,43	50,29	49,10	5,78	5,61	921,40	39,935	10,110	3,9500
7	7	1986,86	50,28	47,17	5,49	5,38	914,23	39,514	10,080	3,9200
Valor Mínimo		1986,86	49,92	47,14	5,49	5,38	910,25	39,514	10,080	3,9200
Valor Máximo		2014,32	50,59	49,38	8,47	6,03	928,77	39,996	10,110	3,9600
V. Médio		2000,31	50,24	48,22	6,48	5,60	919,41	39,818	10,091	3,9457
D. Padrão		10,85	0,24	0,99	1,18	0,21	6,37	0,180	0,012	0,0151

25 – Amostra T05C2N09 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011404 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:18:33
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 4 NF PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min UMIDADE RELATIVA: 50,00 %
 TEMPERATURA: 25,00°C

CLIENTE: MAYARA

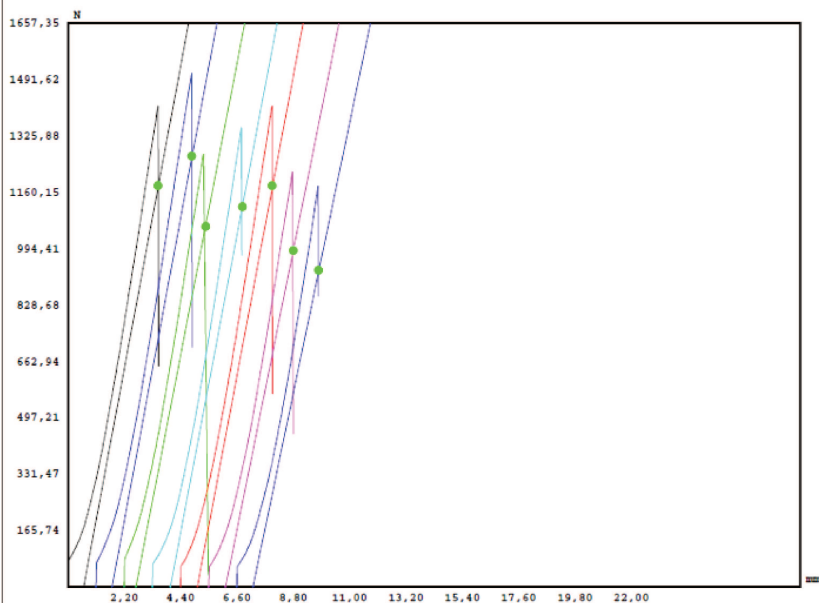


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm ²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1969,21	49,71	49,49	8,86	5,80	924,83	39,614	10,080	3,9300
2	2	2004,51	50,09	48,99	12,28	6,01	903,89	40,018	10,080	3,9700
3	3	1943,71	48,72	48,47	6,30	5,78	906,43	39,895	10,100	3,9500
4	4	2002,55	50,40	0,00	10,29	5,94	923,27	39,737	10,060	3,9500
5	5	1947,63	48,94	48,73	6,69	6,11	910,56	39,794	10,100	3,9400
6	6	1943,71	49,11	49,00	6,71	6,26	913,76	39,575	10,070	3,9300
7	7	2014,32	50,87	49,92	17,65	5,89	939,15	39,597	10,050	3,9400
Valor Mínimo		1943,71	48,72	0,00E+00	6,30	5,78	903,89	39,575	10,050	3,9300
Valor Máximo		2014,32	50,87	49,92	17,65	6,26	939,15	40,018	10,100	3,9700
V. Médio		1975,09	49,69	42,09	9,83	5,97	917,41	39,747	10,077	3,9443
D. Padrão		31,40	0,80	18,56	4,09	0,17	12,42	0,167	0,019	0,0139

26 – Amostra T2C05N03 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011405 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:26:05
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 5 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1416,10	35,43	29,54	4,43	4,40	809,73	39,974	10,120	3,9500
2	2	1511,23	37,84	31,75	4,70	4,68	810,91	39,935	10,110	3,9500
3	3	1273,90	32,14	26,76	4,11	3,88	787,10	39,636	10,060	3,9400
4	4	1351,38	34,25	28,36	4,38	4,35	805,97	39,452	10,090	3,9100
5	5	1416,10	35,50	29,60	4,49	4,48	803,68	39,895	10,100	3,9500
6	6	1221,93	31,14	25,24	4,13	4,09	762,73	39,234	10,060	3,9000
7	7	1180,74	29,57	23,34	3,99	3,98	724,09	39,935	10,110	3,9500
Valor Mínimo		1180,74	29,57	23,34	3,99	3,88	724,09	39,234	10,060	3,9000
Valor Máximo		1511,23	37,84	31,75	4,70	4,68	810,91	39,974	10,120	3,9500
V. Médio		1338,77	33,70	27,80	4,32	4,26	786,31	39,723	10,093	3,9357
D. Padrão		118,81	2,88	2,88	0,25	0,29	32,33	0,289	0,024	0,0215

27 – Amostra T2C05N09 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011406

DATA: 05/10/2013

HORA: 10:32:35

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: 6 NF

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N

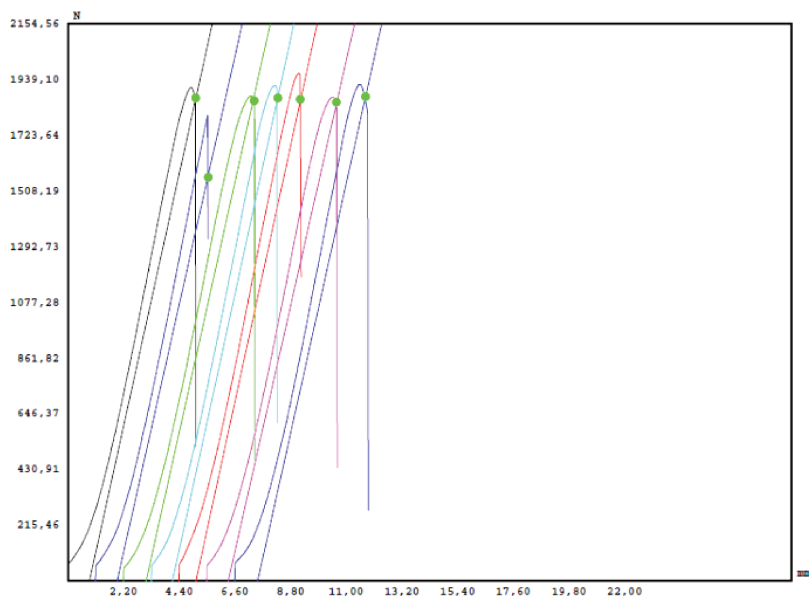
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

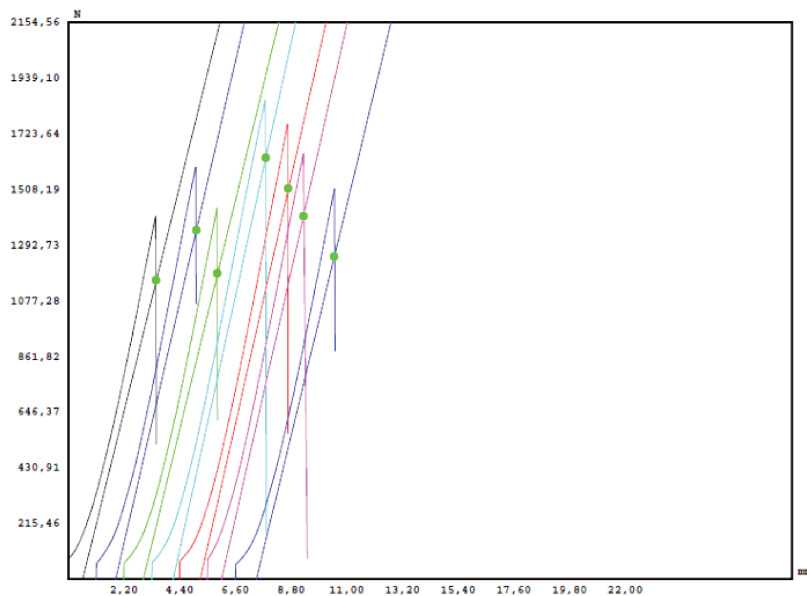


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1910,37	48,08	47,04	6,34	6,13	894,53	39,732	10,110	3,9300
2	2	1802,49	45,02	39,02	5,56	5,54	871,40	40,036	10,110	3,9600
3	3	1875,06	46,91	46,49	6,50	6,34	879,51	39,974	10,120	3,9500
4	4	1916,25	47,82	46,64	6,23	6,14	896,56	40,075	10,120	3,9600
5	5	1965,28	49,14	46,60	6,03	5,90	900,22	39,996	10,100	3,9600
6	6	1871,14	46,81	46,35	6,44	6,20	864,16	39,974	10,120	3,9500
7	7	1920,17	47,91	46,77	6,59	6,23	877,82	40,075	10,120	3,9600
Valor Mínimo		1802,49	45,02	39,02	5,56	5,54	864,16	39,732	10,100	3,9300
Valor Máximo		1965,28	49,14	47,04	6,59	6,34	900,22	40,075	10,120	3,9600
V. Médio		1894,40	47,38	45,56	6,24	6,07	883,46	39,980	10,114	3,9529
D. Padrão		51,28	1,30	2,89	0,35	0,27	13,79	0,116	0,008	0,0110

28 – Amostra T2C2N03 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011407 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:38:35
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 7 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

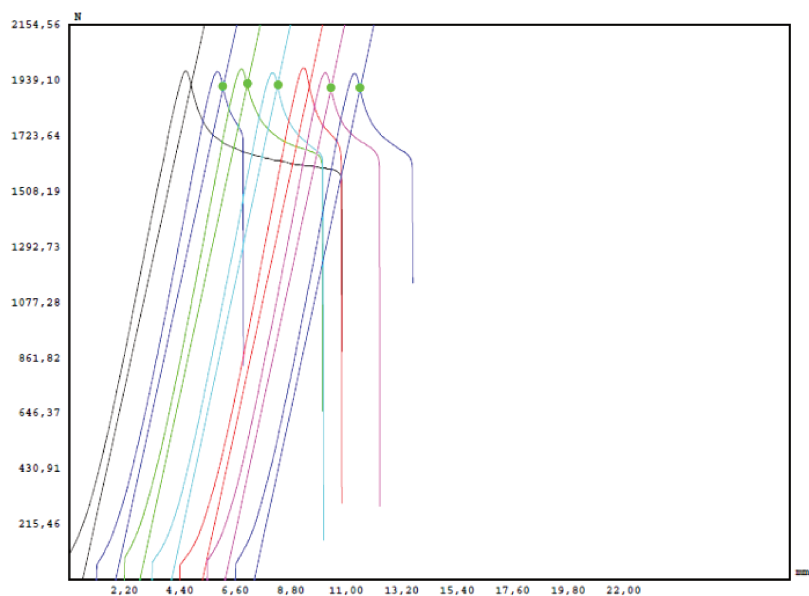


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1405,32	35,23	29,03	4,35	4,31	797,56	39,895	10,100	3,9500
2	2	1596,55	39,86	33,75	4,94	4,93	846,51	40,057	10,090	3,9700
3	3	1437,68	36,13	29,78	4,61	4,60	810,35	39,794	10,100	3,9400
4	4	1855,45	46,53	40,93	5,66	5,61	893,46	39,873	10,120	3,9400
5	5	1763,26	44,13	37,88	5,36	5,34	868,13	39,956	10,090	3,9600
6	6	1649,51	41,53	35,40	4,94	4,74	874,39	39,715	10,080	3,9400
7	7	1512,21	37,83	31,26	4,93	4,90	810,64	39,974	10,120	3,9500
Valor Mínimo		1405,32	35,23	29,03	4,35	4,31	797,56	39,715	10,080	3,9400
Valor Máximo		1855,45	46,53	40,93	5,66	5,61	893,46	40,057	10,120	3,9700
V. Médio		1602,85	40,18	34,00	4,97	4,92	843,00	39,895	10,100	3,9500
D. Padrão		166,47	4,17	4,38	0,44	0,44	37,31	0,115	0,015	0,0113

29 – Amostra T2C2N09 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011408 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:44:52
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 8 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA(1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA(Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

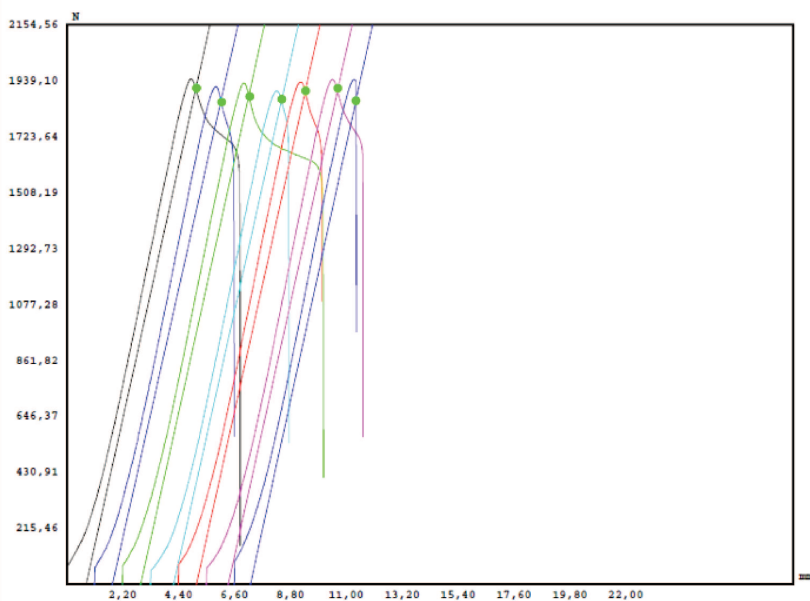


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESSURA mm
1	1	1977,05	49,78	0,00	13,56	5,84	898,30	39,715	10,080	3,9400
2	2	1975,09	49,86	48,41	7,29	5,96	906,51	39,614	10,080	3,9300
3	3	1984,90	49,88	48,46	9,84	5,79	906,90	39,794	10,100	3,9400
4	4	1969,21	49,44	48,27	8,51	6,01	919,74	39,833	10,110	3,9400
5	5	1988,82	49,85	0,00	8,04	6,13	906,39	39,895	10,100	3,9500
6	6	1971,17	49,53	48,05	8,55	5,85	914,48	39,794	10,100	3,9400
7	7	1967,25	49,39	48,00	8,81	5,95	911,76	39,833	10,110	3,9400
Valor Mínimo		1967,25	49,39	0,00E+00	7,29	5,79	898,30	39,614	10,080	3,9300
Valor Máximo		1988,82	49,88	48,46	13,56	6,13	919,74	39,895	10,110	3,9500
V. Médio		1976,21	49,68	34,46	9,23	5,93	909,15	39,783	10,097	3,9400
D. Padrão		8,11	0,22	23,54	2,06	0,12	6,88	0,092	0,012	0,0055

30 – Amostra T0C0N03 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011409 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:51:40
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 9 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

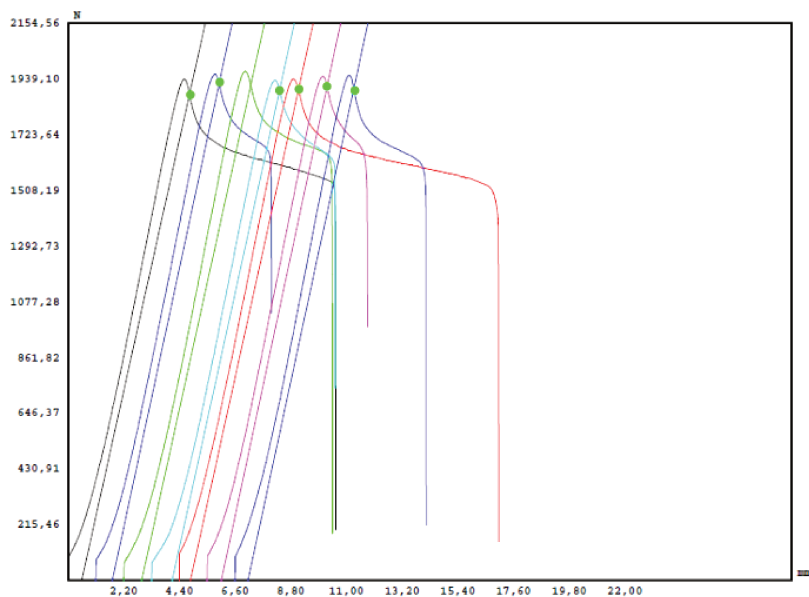


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1947,63	49,21	48,32	8,54	6,15	894,79	39,575	10,070	3,9300
2	2	1918,21	48,40	46,88	6,88	6,00	879,91	39,636	10,060	3,9400
3	3	1931,94	48,84	47,52	9,89	5,95	894,75	39,558	10,040	3,9400
4	4	1902,52	47,71	46,88	6,81	6,21	880,89	39,873	10,120	3,9400
5	5	1935,86	48,65	47,78	7,06	6,05	891,24	39,794	10,100	3,9400
6	6	1945,67	49,07	48,22	7,71	6,20	892,12	39,654	10,090	3,9300
7	7	1945,67	48,82	46,76	6,03	5,91	901,26	39,856	10,090	3,9500
Valor Mínimo		1902,52	47,71	46,76	6,03	5,91	879,91	39,558	10,040	3,9300
Valor Máximo		1947,63	49,21	48,32	9,89	6,21	901,26	39,873	10,120	3,9500
V. Médio		1932,50	48,67	47,48	7,56	6,07	890,71	39,706	10,081	3,9386
D. Padrão		16,79	0,50	0,66	1,29	0,12	7,73	0,131	0,027	0,0068

31 – Amostra T0C0N09 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011410 DATA: 05/10/2013 HORA: 10:58:27
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 10 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1941,75	48,91	47,35	13,24	5,74	889,34	39,698	10,050	3,9500
2	2	1957,44	49,16	48,43	8,69	5,93	914,64	39,816	10,080	3,9500
3	3	1971,17	49,46	0,00	10,33	6,01	892,47	39,856	10,090	3,9500
4	4	1935,86	48,57	47,57	9,08	6,08	896,71	39,856	10,090	3,9500
5	5	1941,75	48,72	47,71	15,78	5,61	892,57	39,856	10,090	3,9500
6	6	1951,55	49,01	48,03	7,93	5,73	919,02	39,816	10,080	3,9500
7	7	1955,48	49,36	47,86	9,45	5,66	918,38	39,614	10,080	3,9300
Valor Mínimo		1935,86	48,57	0,00E+00	7,93	5,61	889,34	39,614	10,050	3,9300
Valor Máximo		1971,17	49,46	48,43	15,78	6,08	919,02	39,856	10,090	3,9500
V. Médio		1950,71	49,03	40,99	10,64	5,82	903,31	39,787	10,080	3,9471
D. Padrão		12,03	0,32	18,08	2,84	0,18	13,38	0,095	0,013	0,0074

32 – Amostra T125C125N06-1 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011411

DATA: 05/10/2013

HORA: 11:05:10

NORMA: ISO 527 SEM FIBRA

TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO: 11 NF

CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1)

PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N

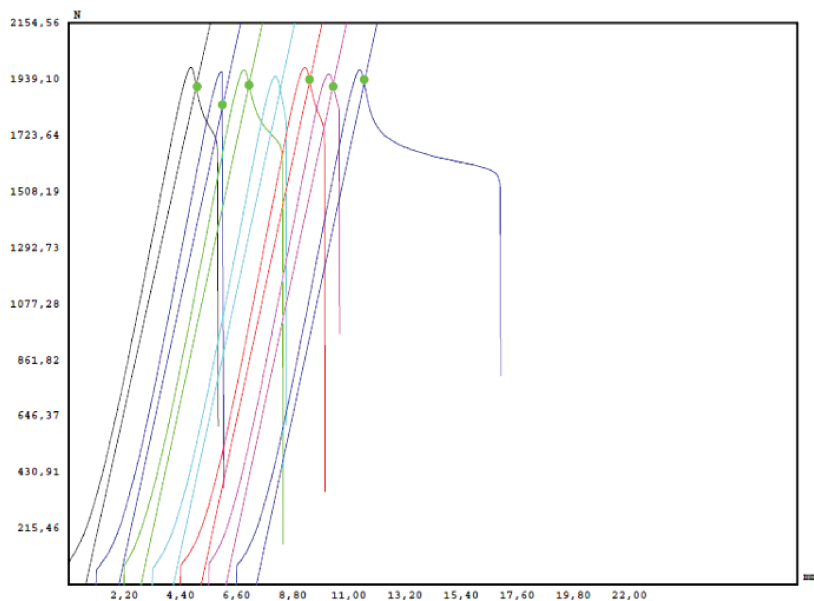
PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N

VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min

TEMPERATURA: 25,00°C

UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

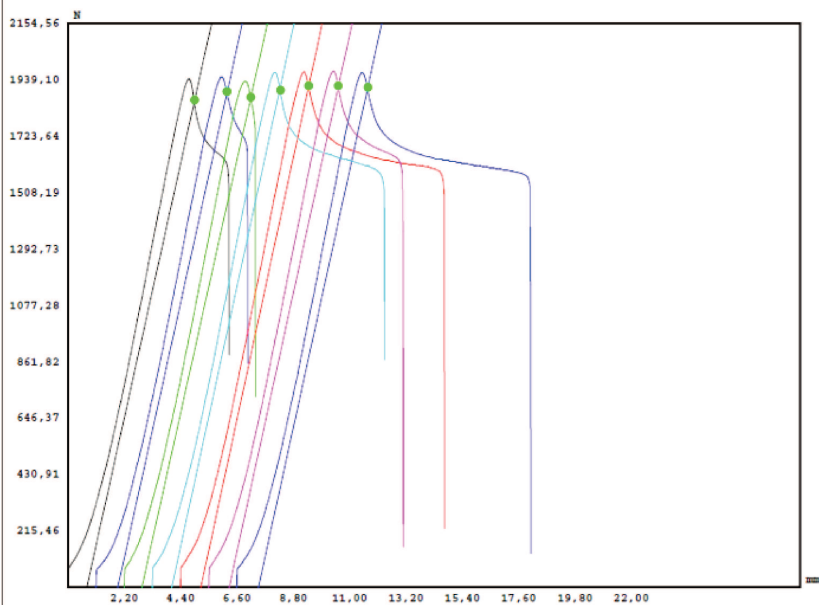


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	PORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1984,90	49,96	48,13	7,36	6,06	888,12	39,732	10,110	3,9300
2	2	1969,21	49,59	46,39	6,25	6,16	908,52	39,710	10,130	3,9200
3	3	1977,05	49,65	48,16	7,80	5,89	909,70	39,816	10,080	3,9500
4	4	1951,55	49,21	0,00	6,59	6,05	915,63	39,654	10,090	3,9300
5	5	1984,90	49,75	48,61	7,09	6,13	911,51	39,895	10,100	3,9500
6	6	1961,36	49,16	47,93	6,44	5,89	914,66	39,895	10,100	3,9500
7	7	1975,09	49,76	48,85	12,95	6,08	918,63	39,693	10,100	3,9300
Valor Mínimo		1951,55	49,16	0,00E+00	6,25	5,89	888,12	39,654	10,080	3,9200
Valor Máximo		1984,90	49,96	48,85	12,95	6,16	918,63	39,895	10,130	3,9500
V. Médio		1972,01	49,58	41,15	7,78	6,04	909,54	39,771	10,101	3,9371
D. Padrão		12,30	0,29	18,16	2,34	0,11	10,08	0,099	0,016	0,0125

33 – Amostra T125C125N06-2 após envelhecimento.

ENSAIO: 00011412 DATA: 05/10/2013 HORA: 11:10:51
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 12 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

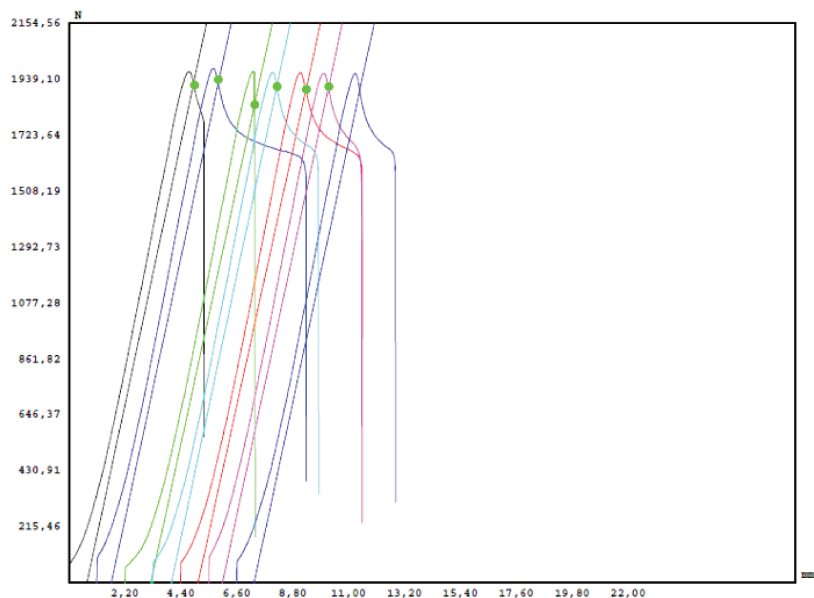


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO (%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1945,67	48,85	46,79	7,88	5,91	888,09	39,833	10,110	3,9400
2	2	1949,59	48,74	47,40	7,41	6,19	886,27	39,996	10,100	3,9600
3	3	1935,86	48,35	46,82	6,41	5,90	879,16	40,036	10,110	3,9600
4	4	1969,21	49,44	47,73	11,34	6,01	905,70	39,833	10,110	3,9400
5	5	1971,17	49,49	48,14	12,90	6,06	913,57	39,833	10,110	3,9400
6	6	1975,09	49,38	47,94	9,50	6,09	897,86	39,996	10,100	3,9600
7	7	1969,21	49,74	48,30	14,36	6,09	904,32	39,592	10,100	3,9200
Valor Mínimo		1935,86	48,35	46,79	6,41	5,90	879,16	39,592	10,100	3,9200
Valor Máximo		1975,09	49,74	48,30	14,36	6,19	913,57	40,036	10,110	3,9600
V. Médio		1959,40	49,14	47,59	9,97	6,04	896,42	39,874	10,106	3,9457
D. Padrão		15,35	0,50	0,61	2,99	0,10	12,35	0,152	0,005	0,0151

34 – Amostra T125C125N06-3 após envelhecimento.

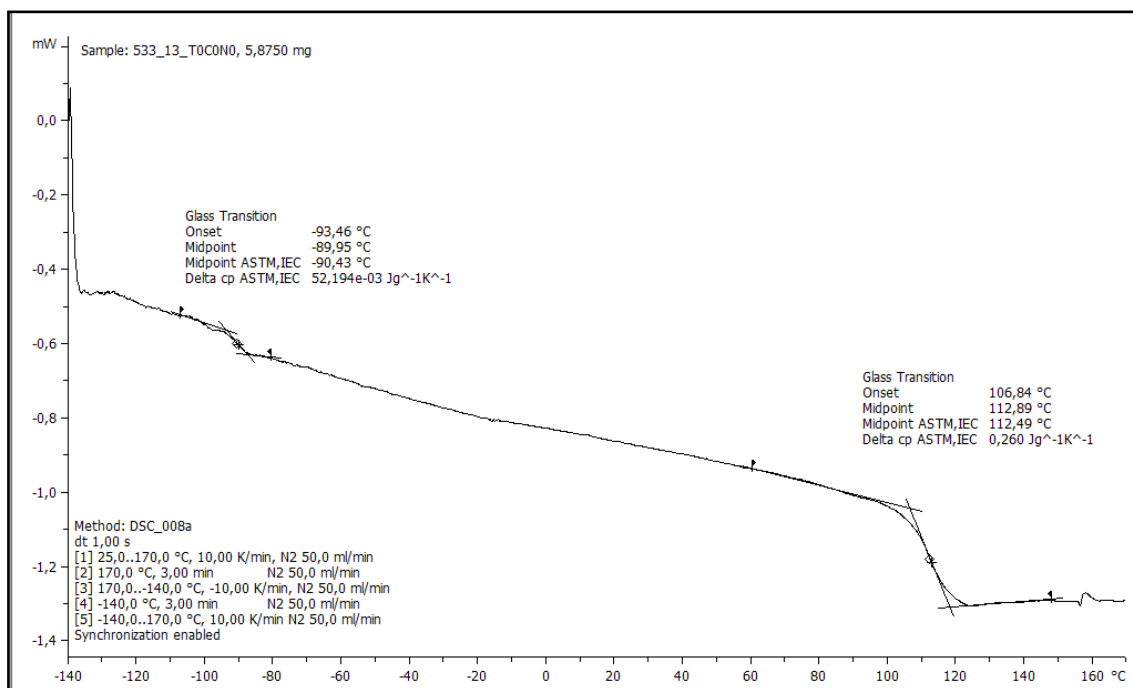
ENSAIO: 00011413 DATA: 05/10/2013 HORA: 11:16:50
 NORMA: ISO 527 SEM FIBRA TRABALHO REALIZADO: TRAÇÃO
 IDENTIFICAÇÃO: 13 NF
 CÉLULA DE CARGA: 2000 kgf (1) PRÉ CARGA (1a. Amostra): 14,71 N PRÉ CARGA (Demais Amostras): 14,71 N
 VEL. DESLOC.: 50,00 mm/min
 TEMPERATURA: 25,00°C UMIDADE RELATIVA: 50,00 %

CLIENTE: MAYARA

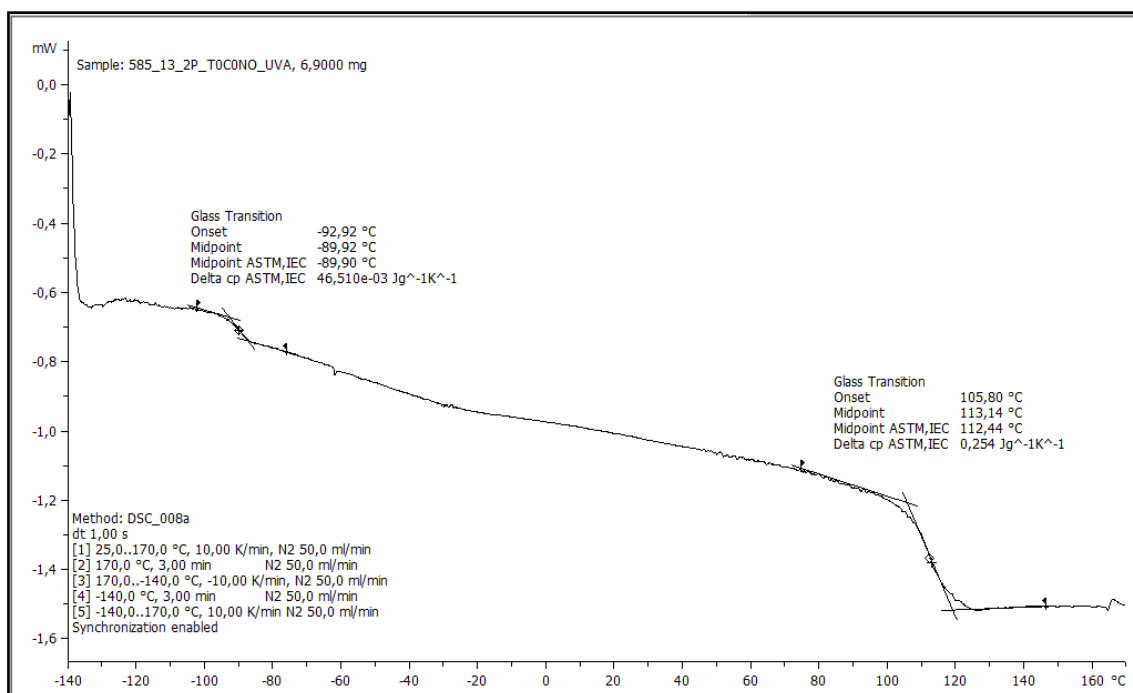


Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA N	LIMITE DE RESISTÊNCIA MPa	LIMITE DE ESCOAMENTO MPa	ALONGAMENTO %	ALONGAMENTO(%) CARGA MÁXIMA %	MÓDULO DE ELASTICIDADE MPa	ÁREA TRANSVERSAL mm²	LARGURA mm	ESPESURA mm
1	1	1971,17	49,36	48,02	6,65	5,93	918,33	39,935	10,110	3,9500
2	2	1982,94	49,75	48,65	10,30	5,75	918,52	39,856	10,090	3,9500
3	3	1971,17	49,61	46,36	6,41	6,29	908,91	39,732	10,110	3,9300
4	4	1967,25	49,54	48,15	8,18	5,86	928,89	39,710	10,130	3,9200
5	5	1967,25	49,26	47,61	8,94	5,92	895,67	39,935	10,110	3,9500
6	6	1963,32	49,31	48,03	7,56	5,69	917,39	39,816	10,080	3,9500
7	7	1963,32	49,74	0,00	7,83	5,86	925,48	39,468	10,120	3,9000
Valor Mínimo		1963,32	49,26	0,00E+00	6,41	5,69	895,67	39,468	10,080	3,9000
Valor Máximo		1982,94	49,75	48,65	10,30	6,29	928,89	39,935	10,130	3,9500
V. Médio		1969,49	49,51	40,98	7,98	5,90	916,17	39,779	10,107	3,9357
D. Padrão		6,78	0,20	18,08	1,34	0,19	11,05	0,162	0,016	0,0199

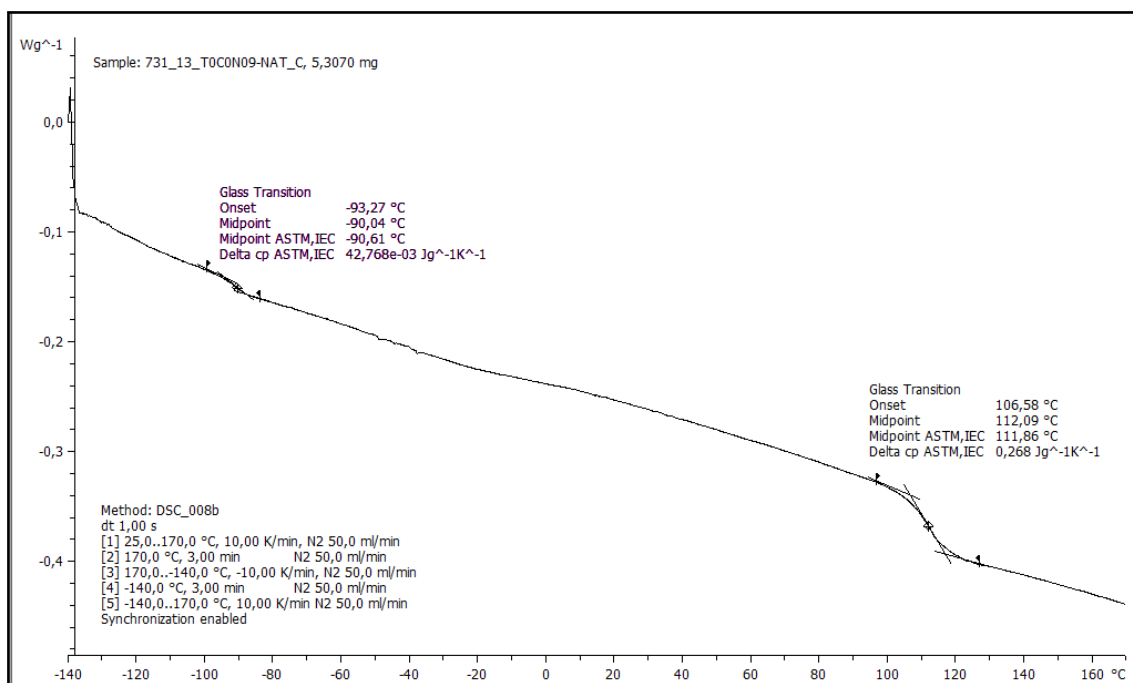
APÊNDICE C – Curvas obtidas da análise de DSC



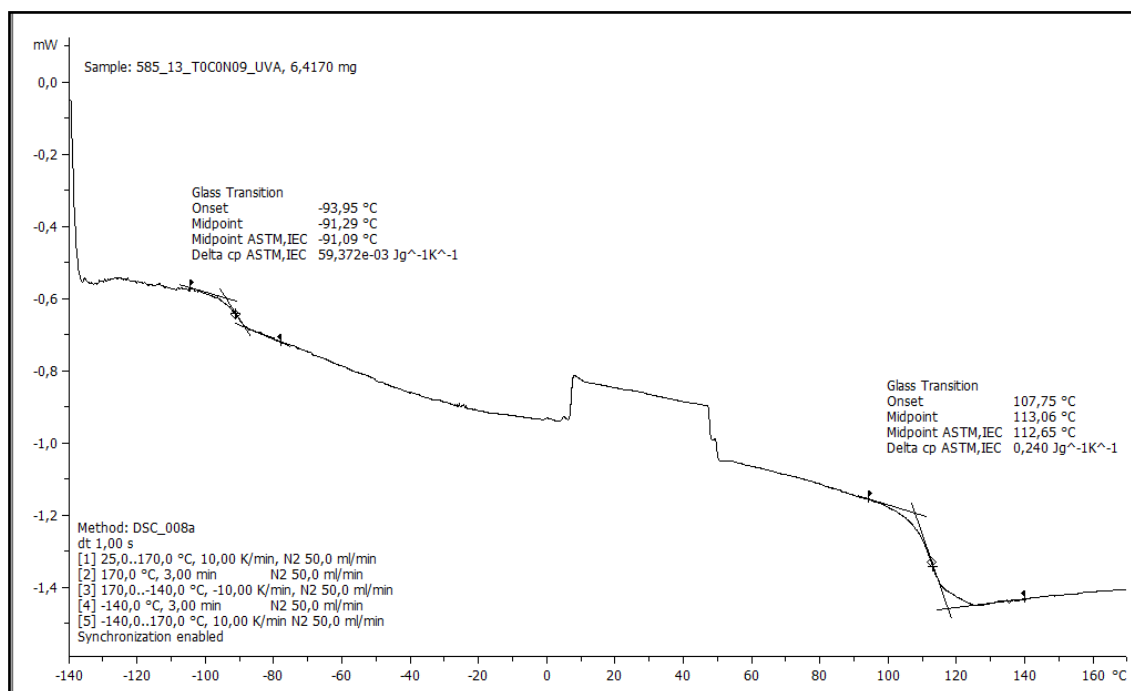
1 - Amostra T0C0N0 natural



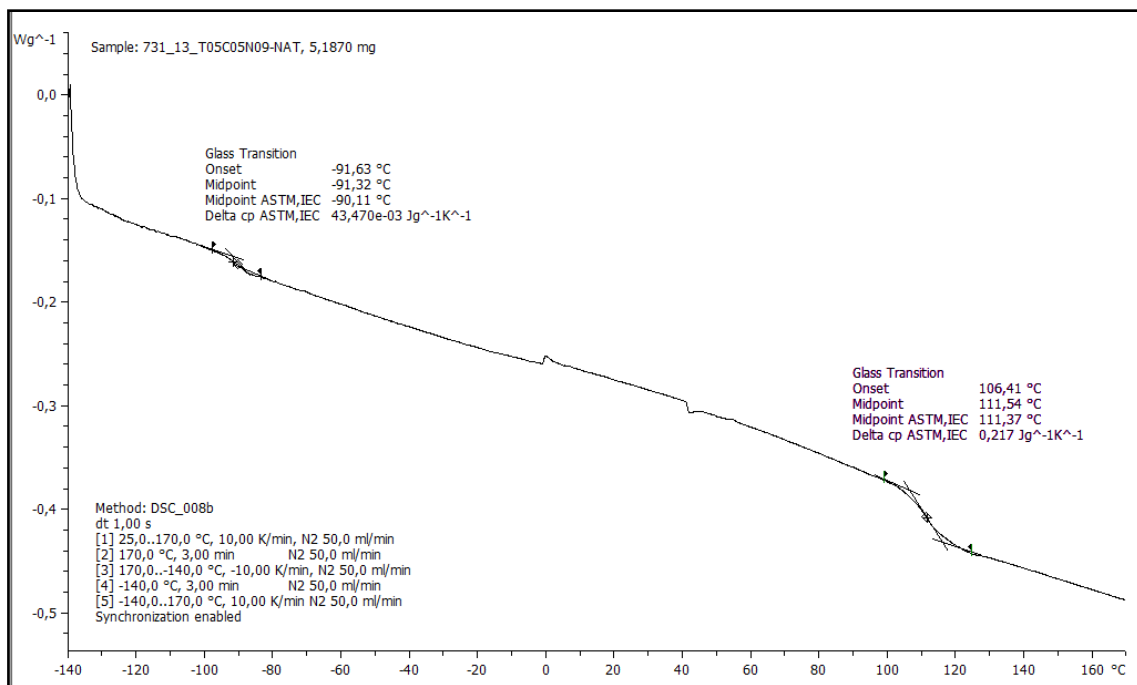
2- Amostra T0C0N0 após envelhecimento



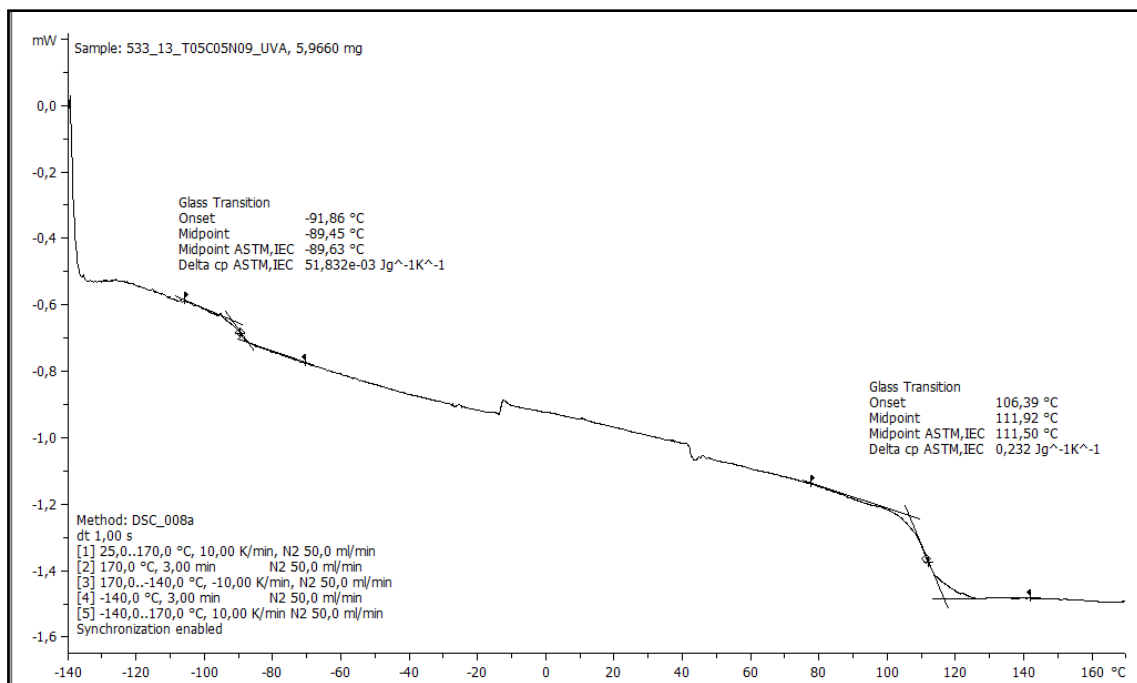
3- Amostra T0C0N09 natural



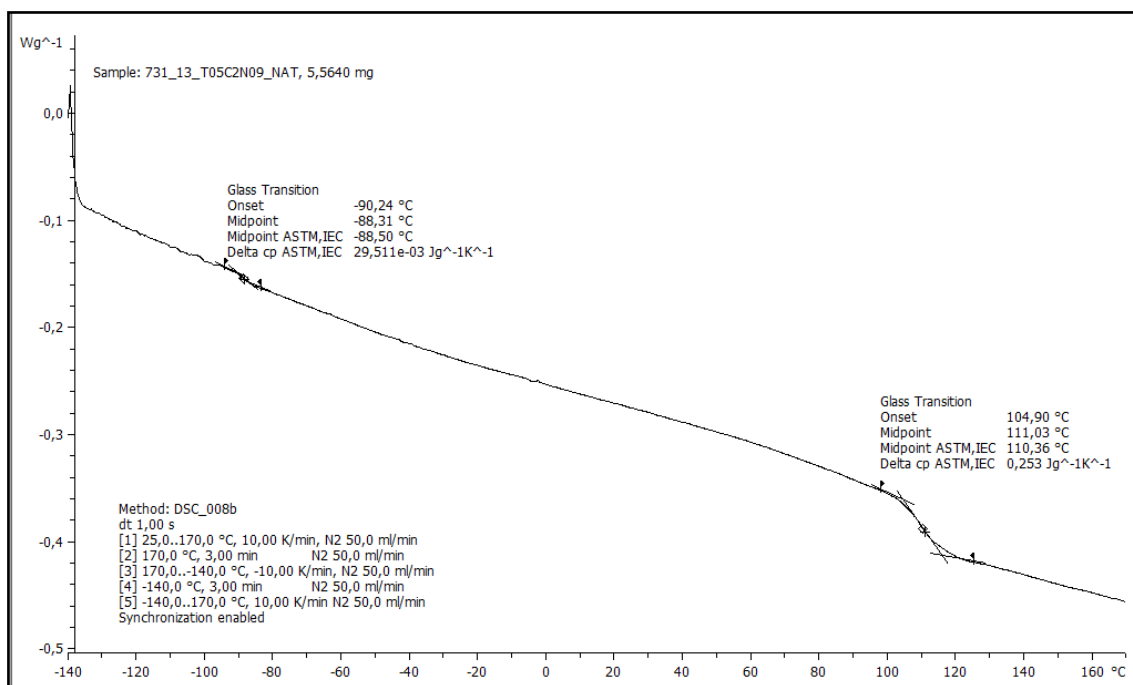
4- Amostra T0C0N09 após o envelhecimento



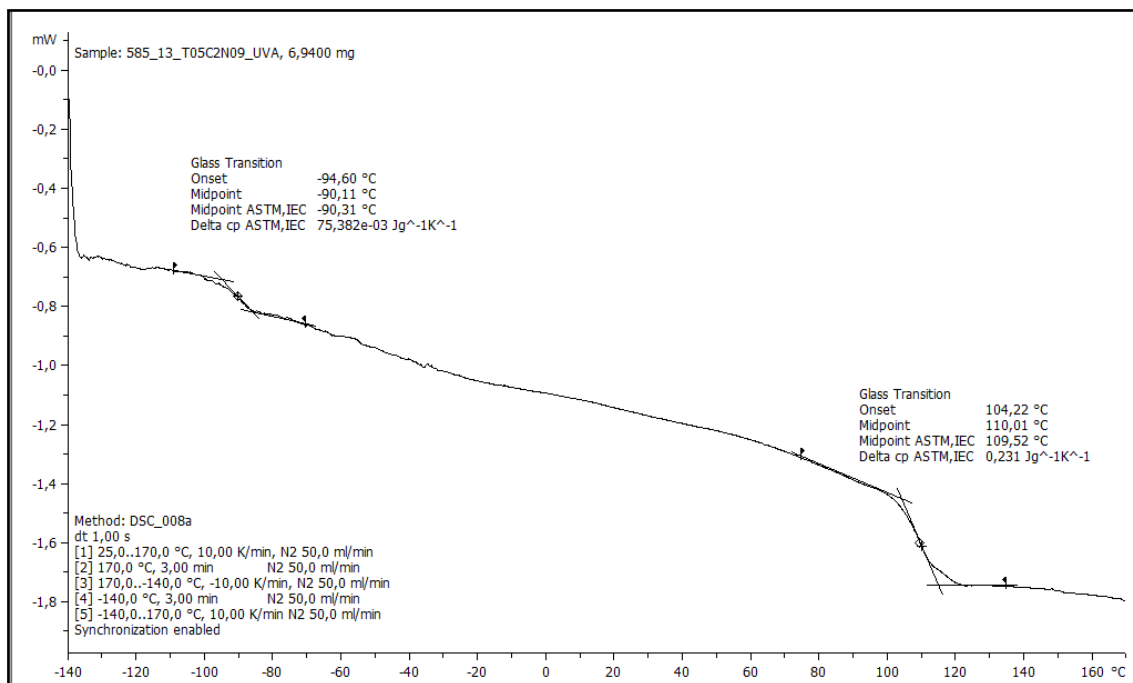
5- Amostra T05C05N09 natural



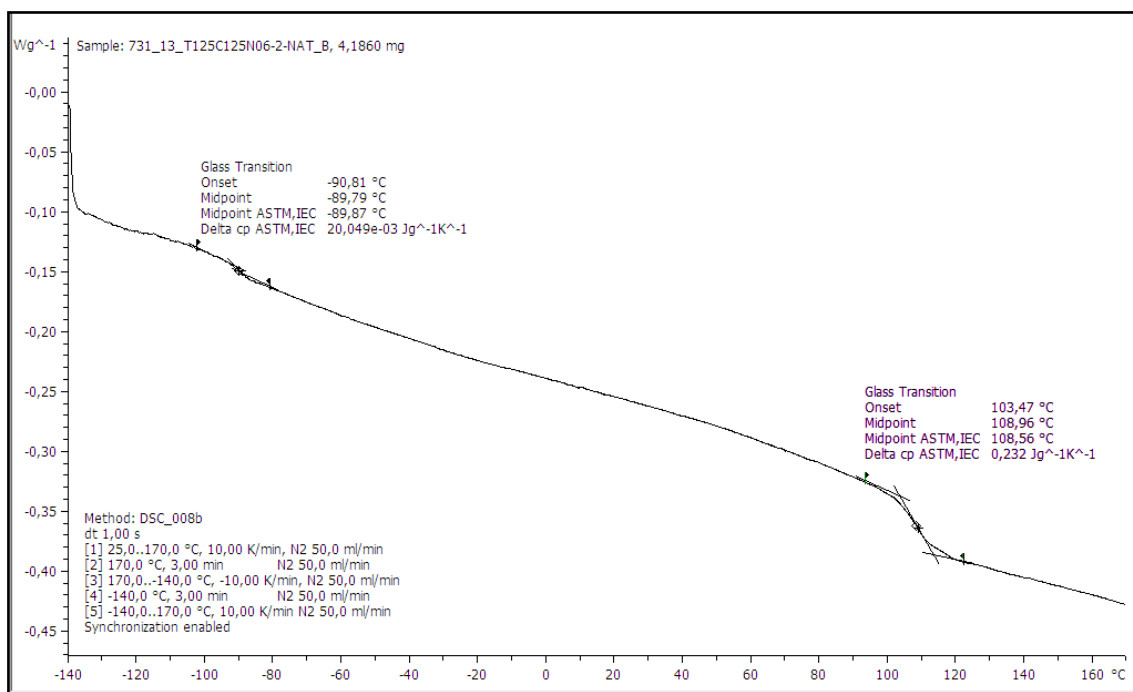
6- Amostra T05C05N09 após o envelhecimento



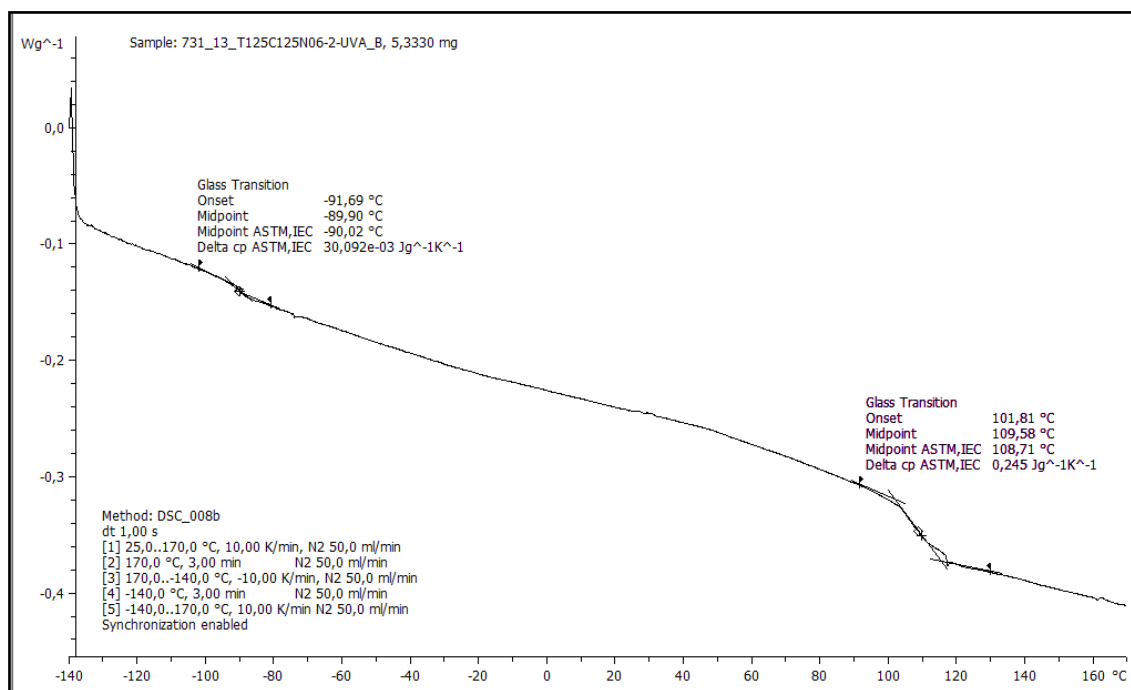
7- Amostra T05C2N09 natural



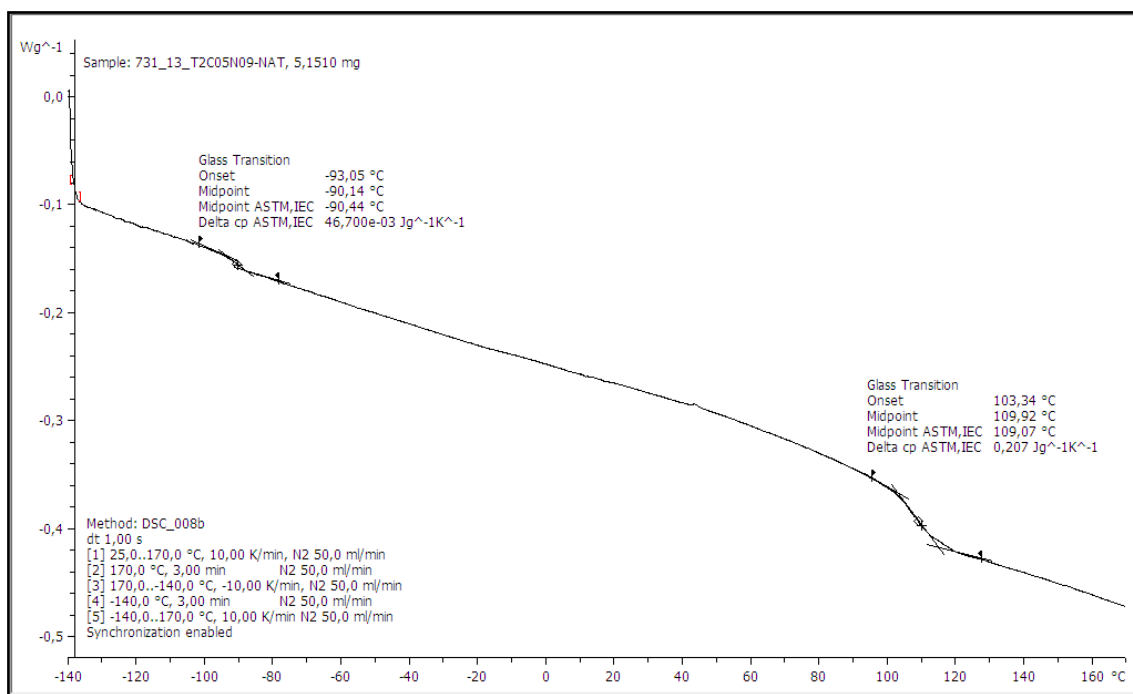
8- Amostra T05C2N09 após o envelhecimento



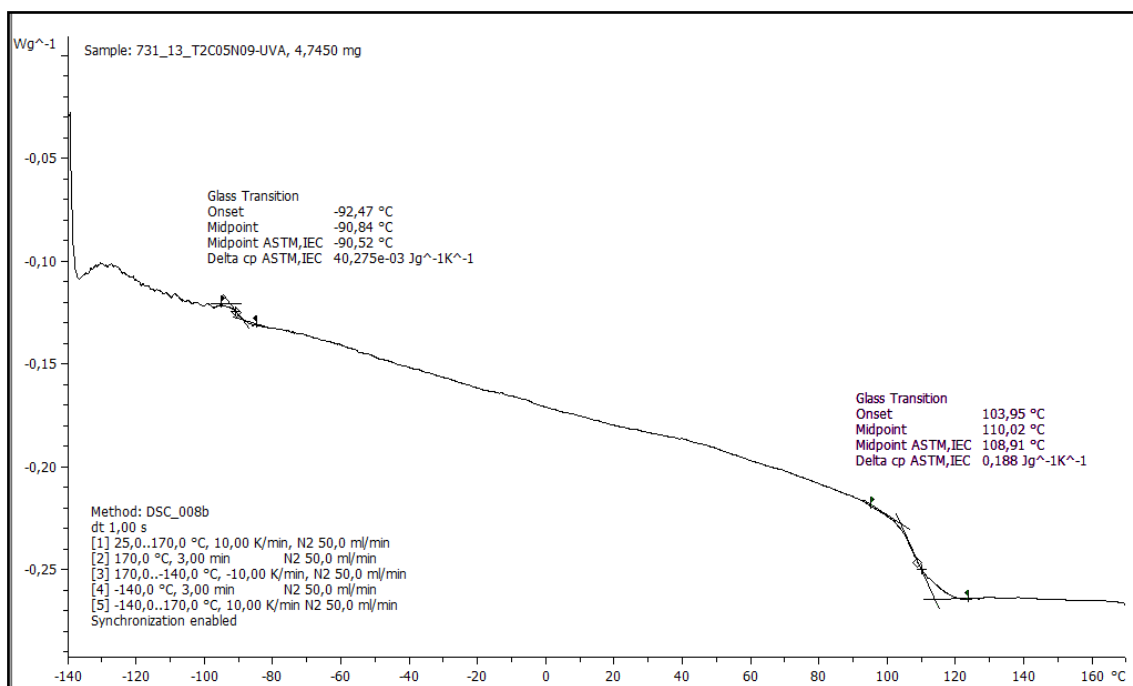
9- Amostra T125C125N06 natural



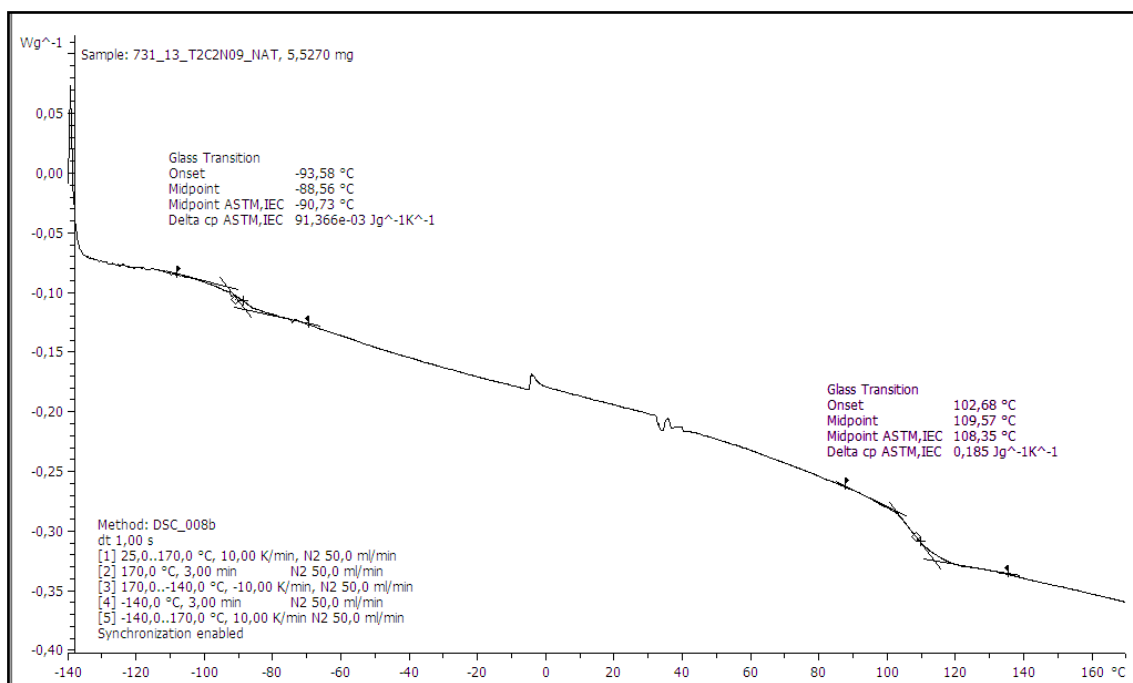
10- Amostra T125C125N06 após o envelhecimento



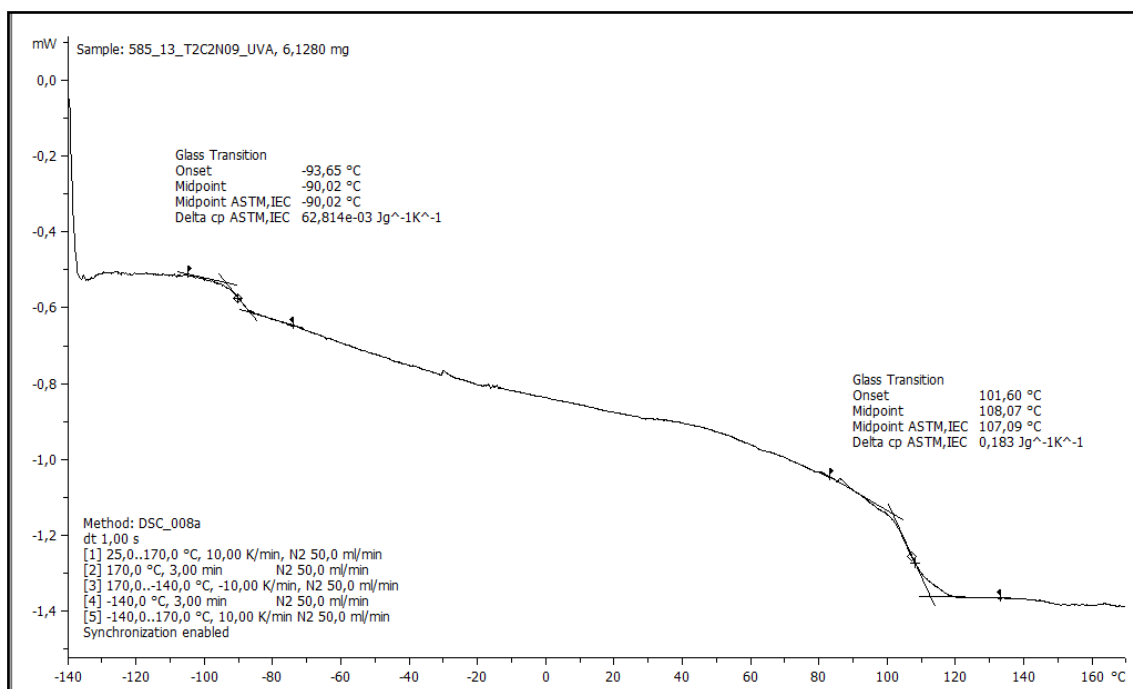
11- Amostra T2C05N09 natural



12 – Amostra T2C05N09 após o envelhecimento

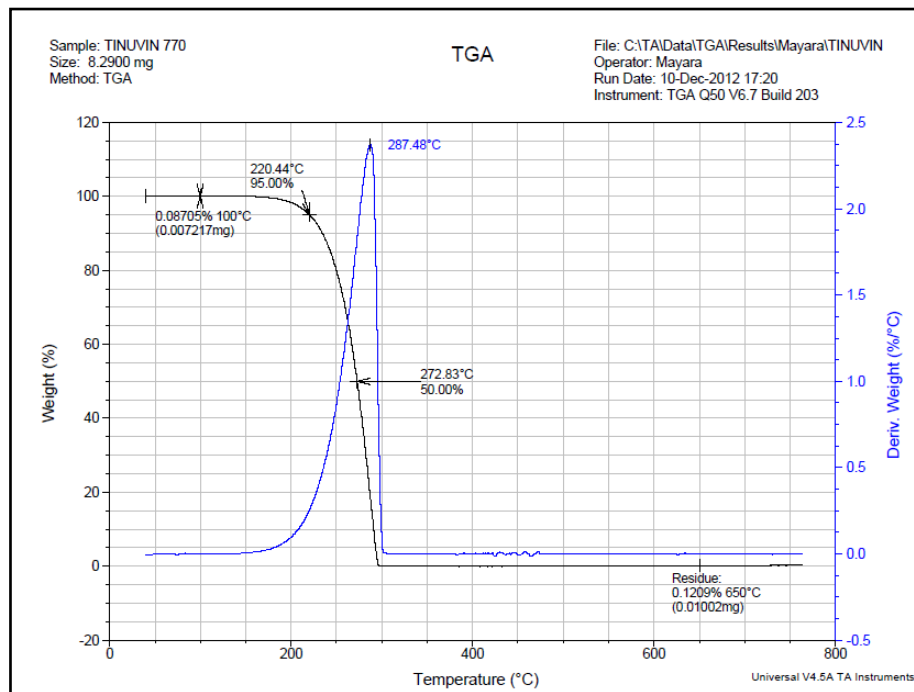


13- Amostra T2C2N09 natural

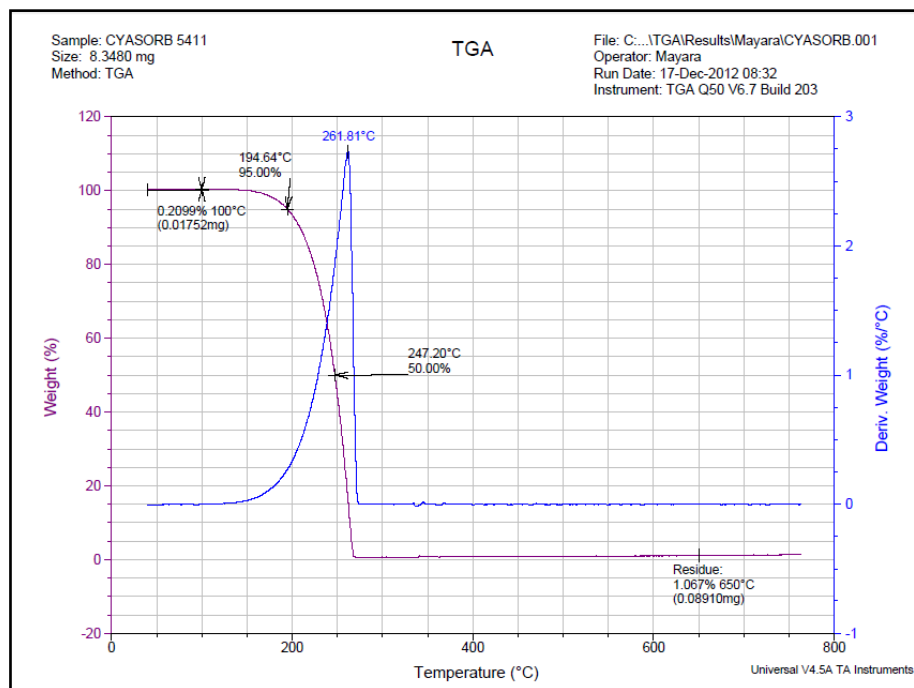


14- Amostra T2C2N09 após o envelhecimento

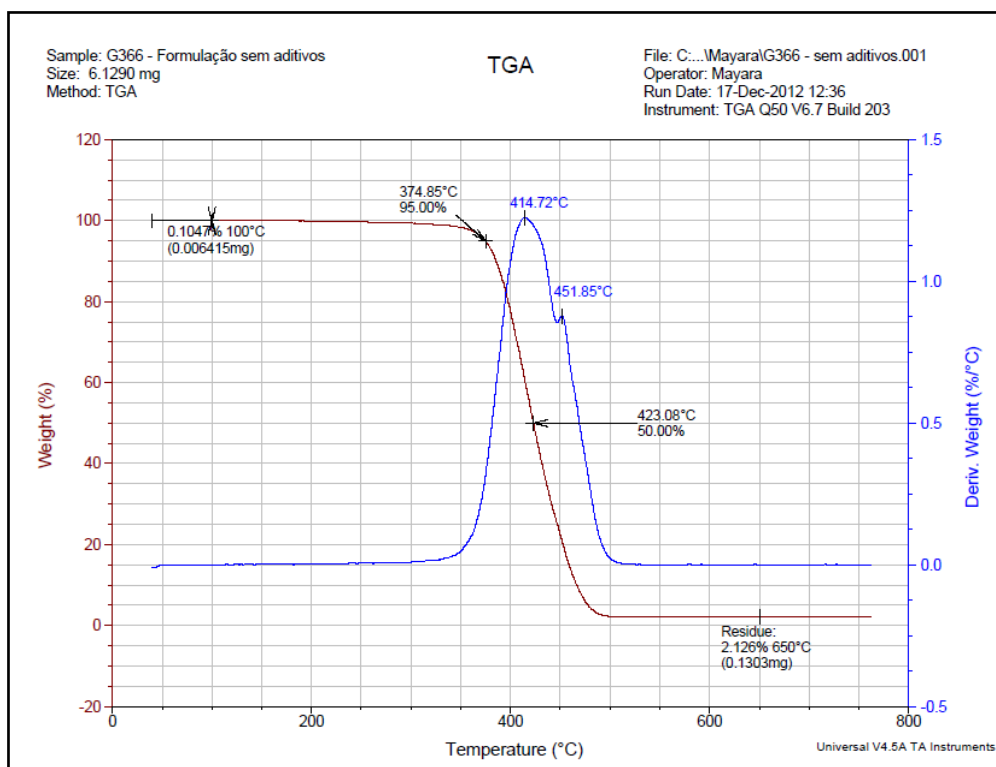
APÊNDICE D – Curvas de TGA das amostras naturais e envelhecidas e dos aditivos anti UV Tinuvin 770 e Cyasor 5411



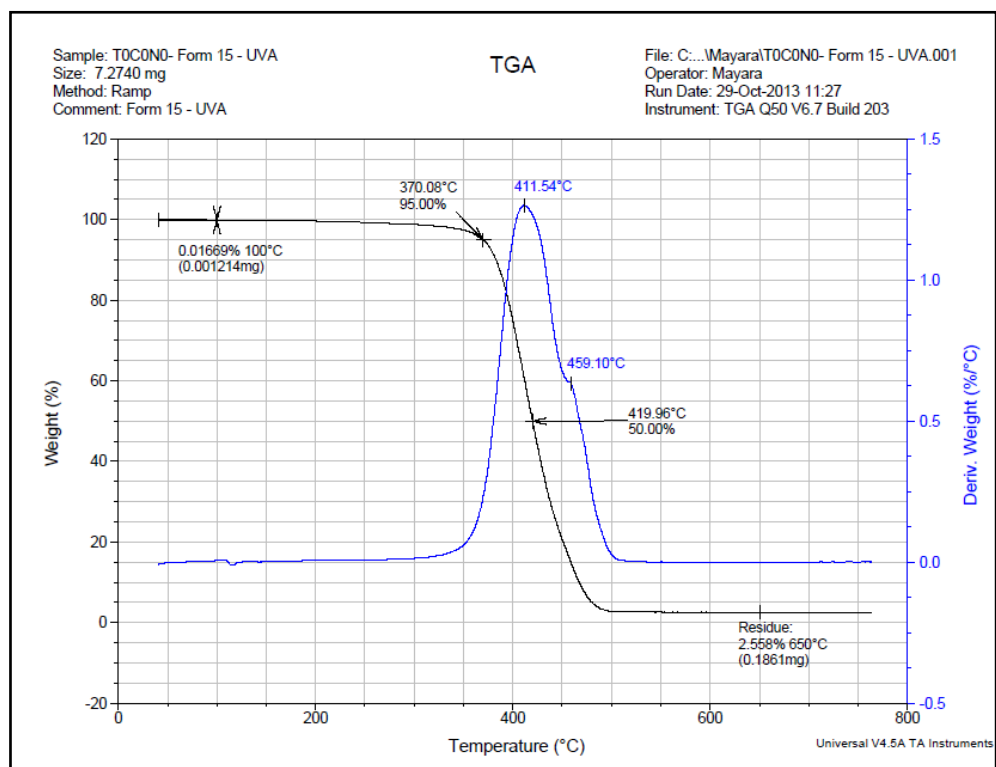
1- Aditivo TINUVIN 770



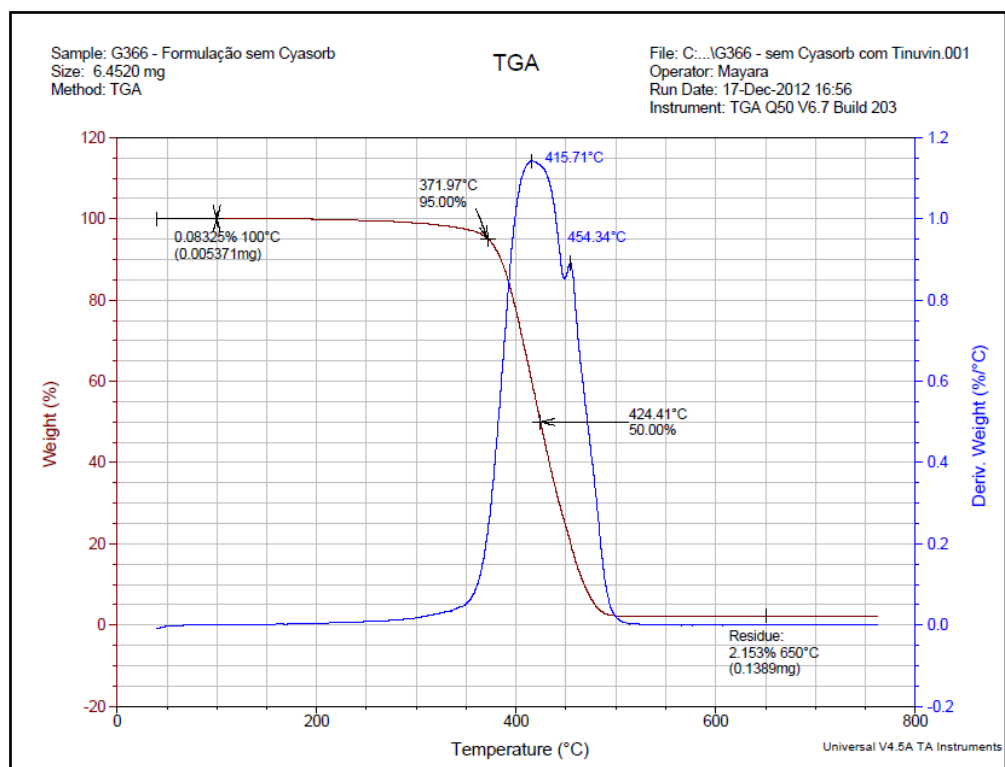
2- Aditivo CYASORB 5411



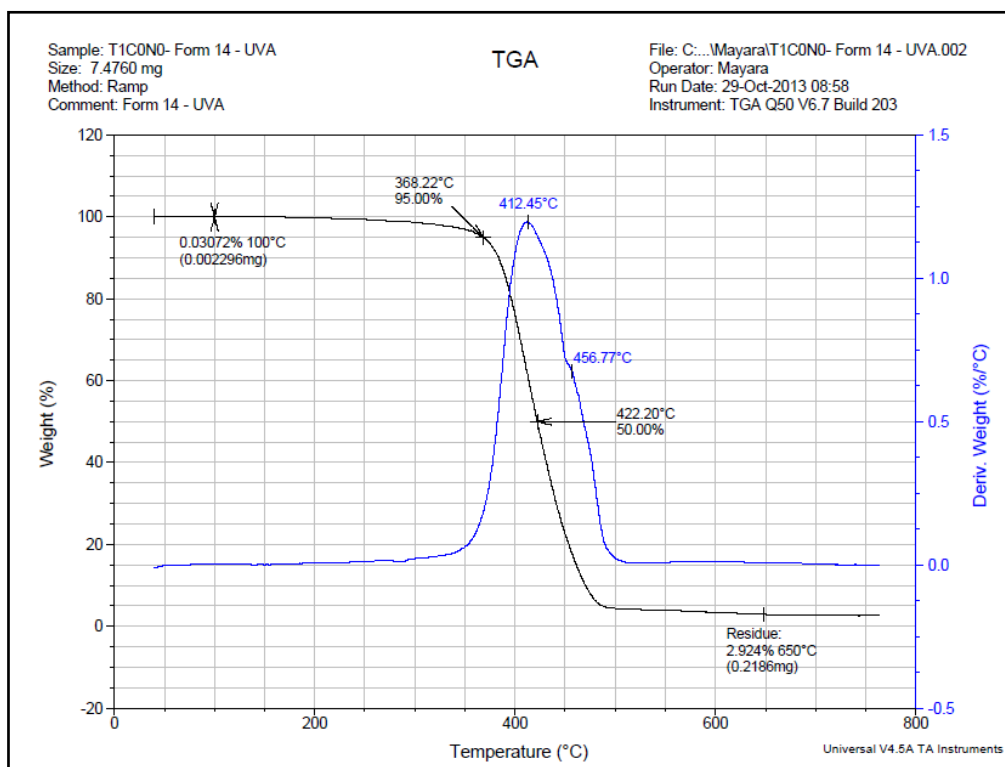
3- Amostra TOC0N0 natural



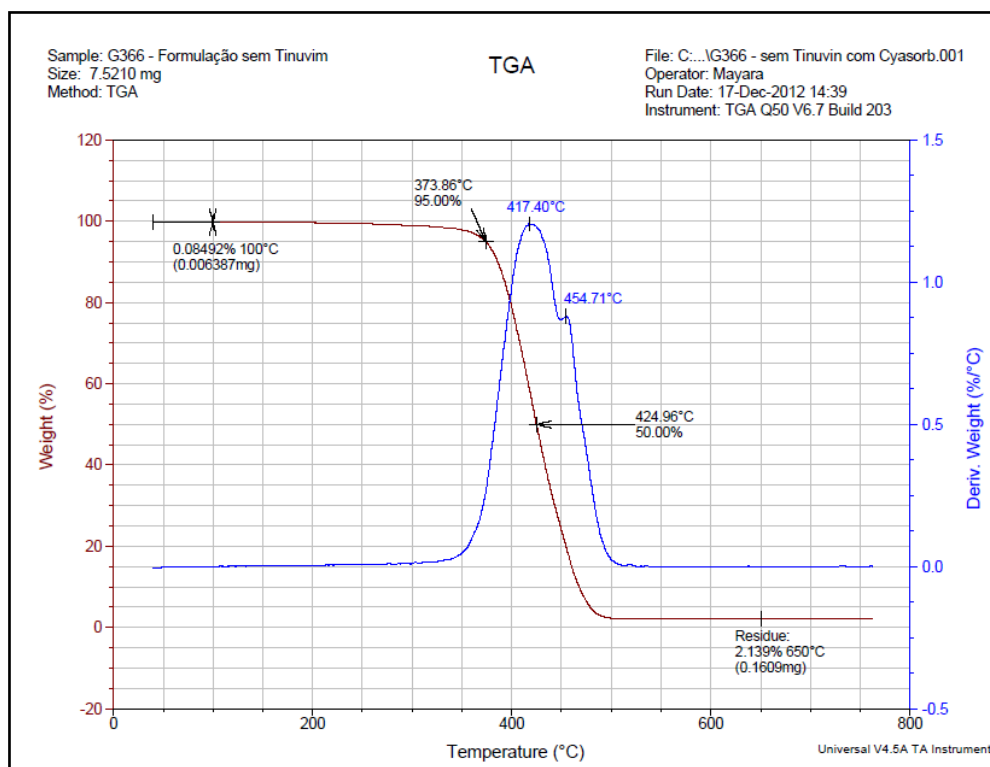
4- Amostra TOC0N0 envelhecida



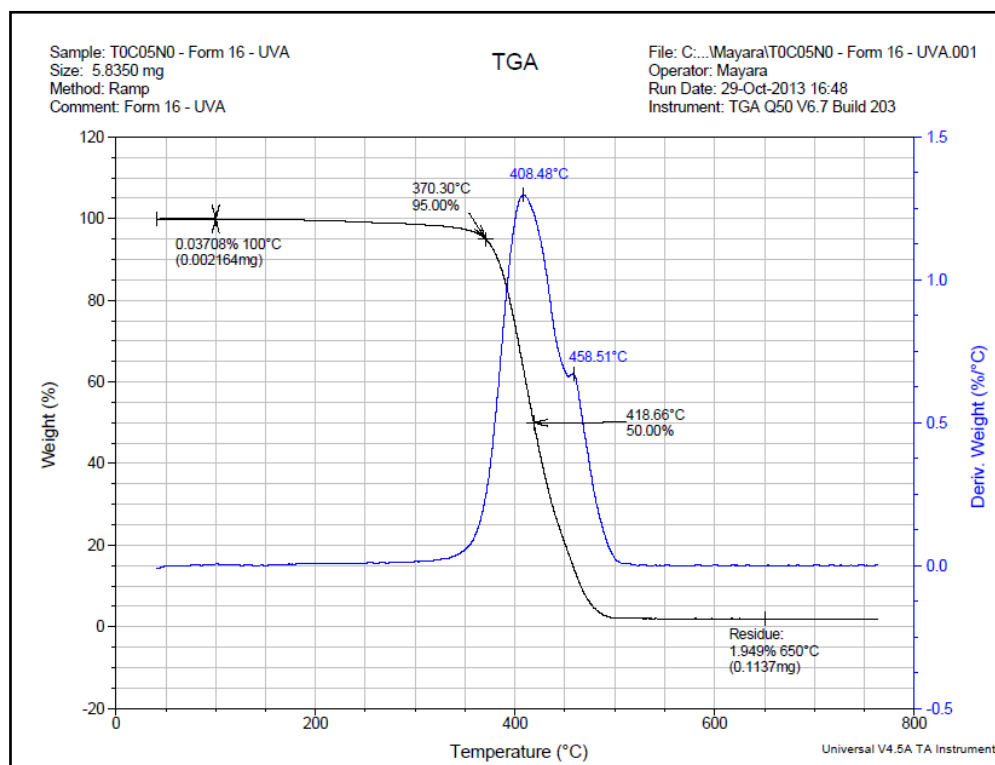
5- Amostra T1C0N0 natural



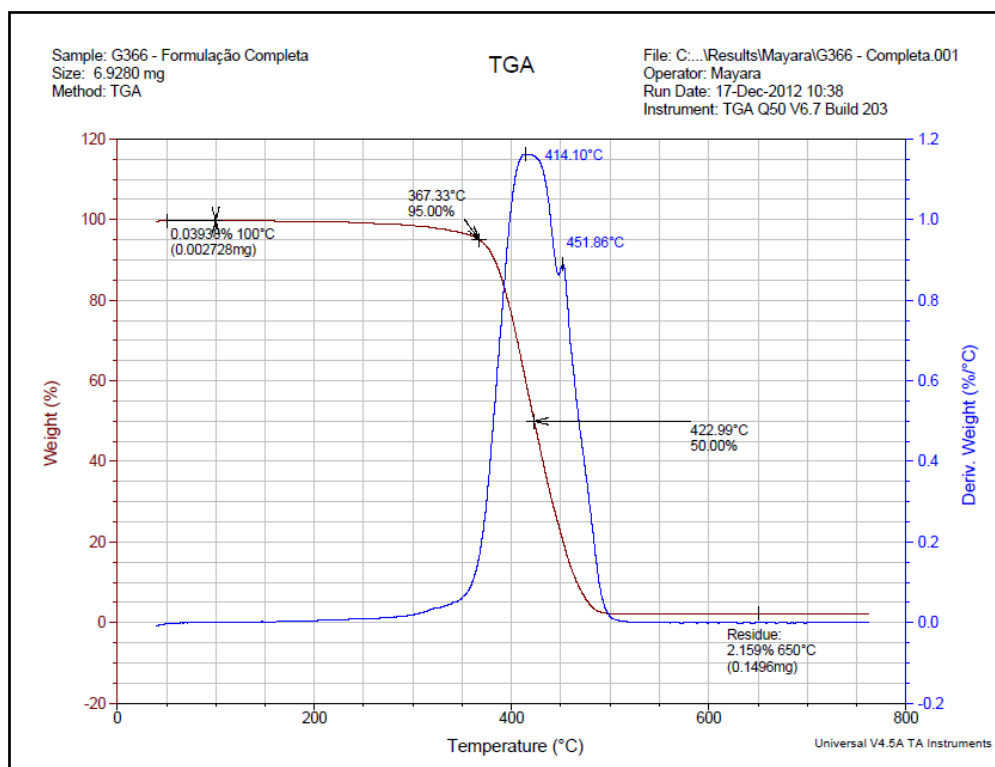
6- Amostra T1C0N0 envelhecida



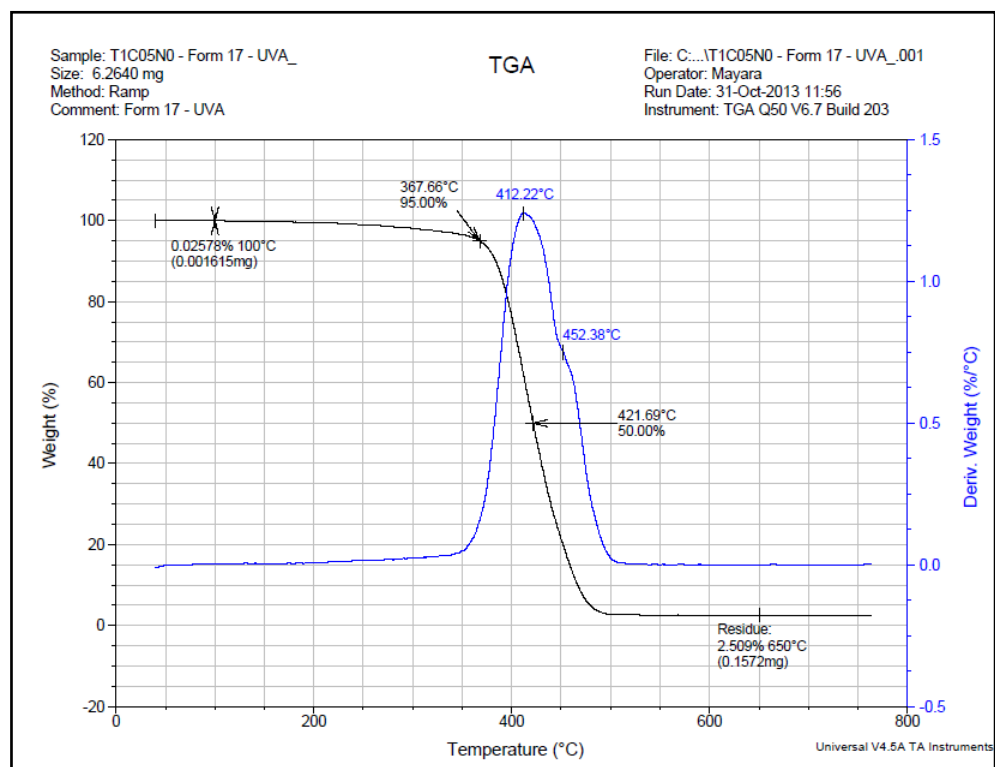
7- Amostra T0C05N0 natural



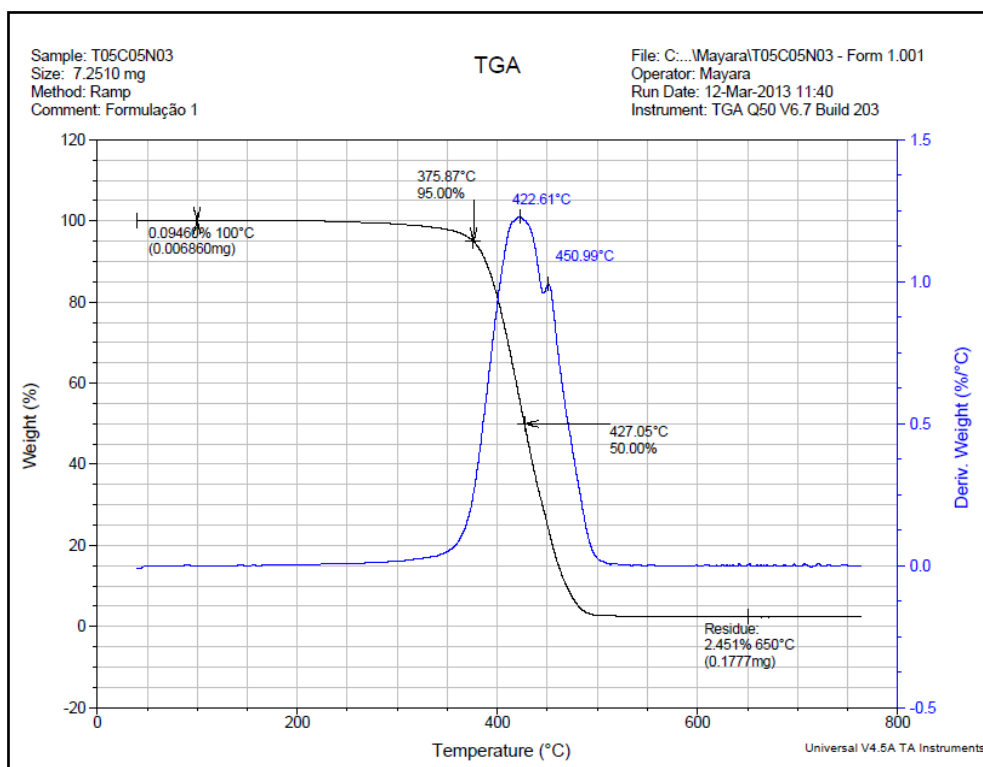
8- Amostra T0C05N0 envelhecida



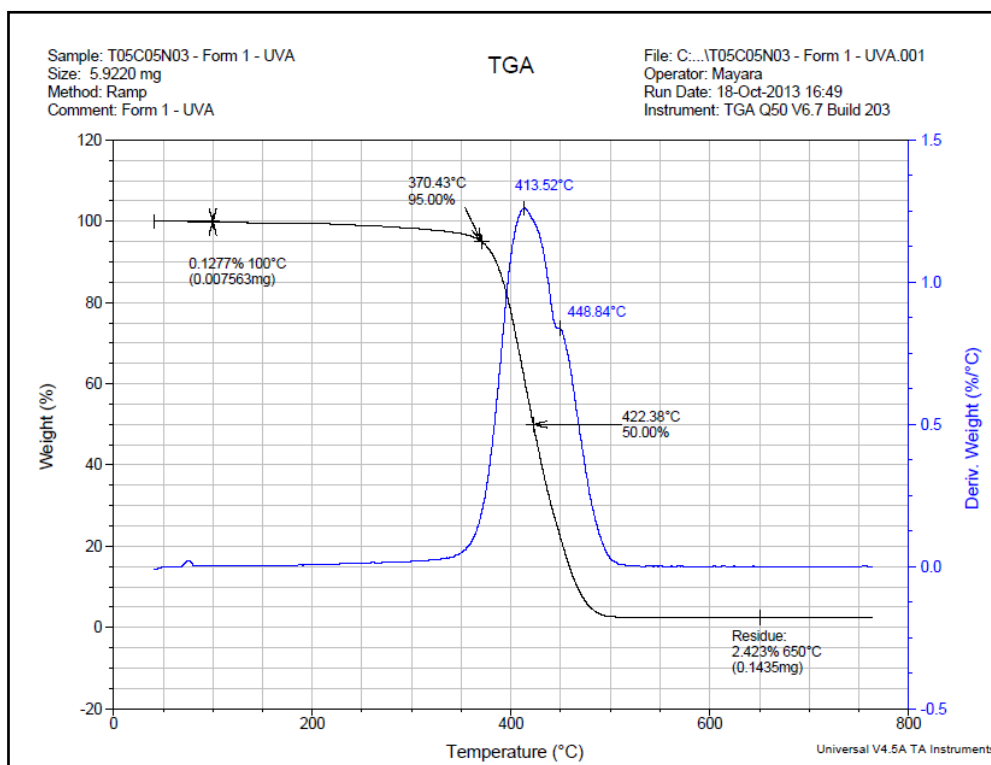
9- Amostra T1C05N0 natural



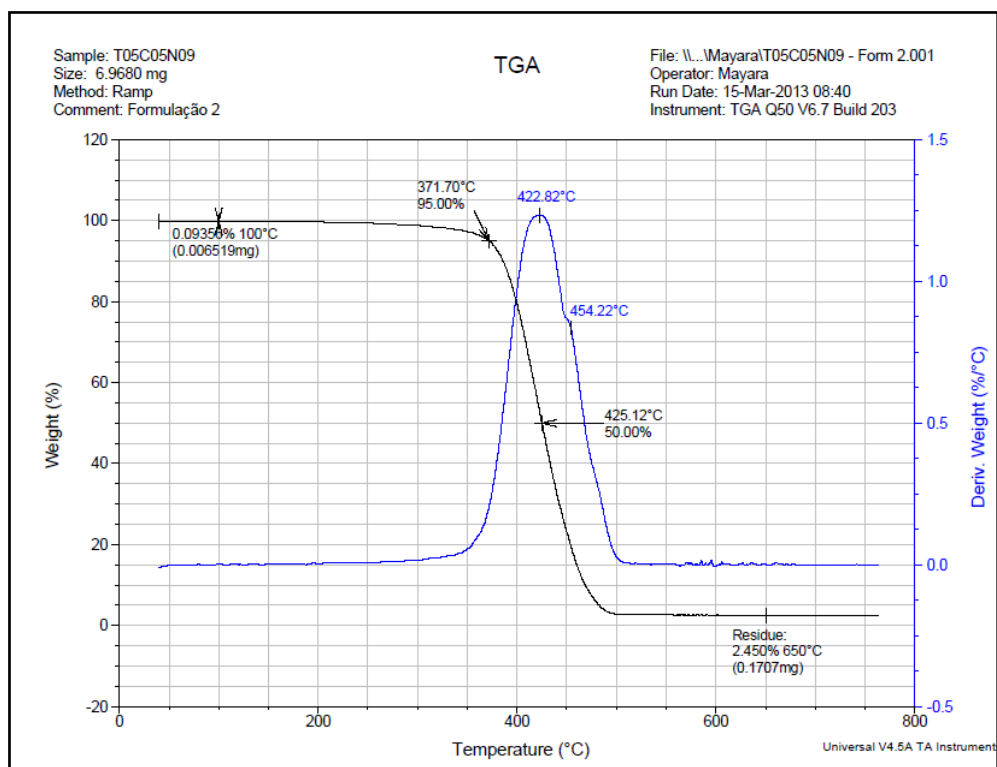
10- Amostra T1C05N0 envelhecida



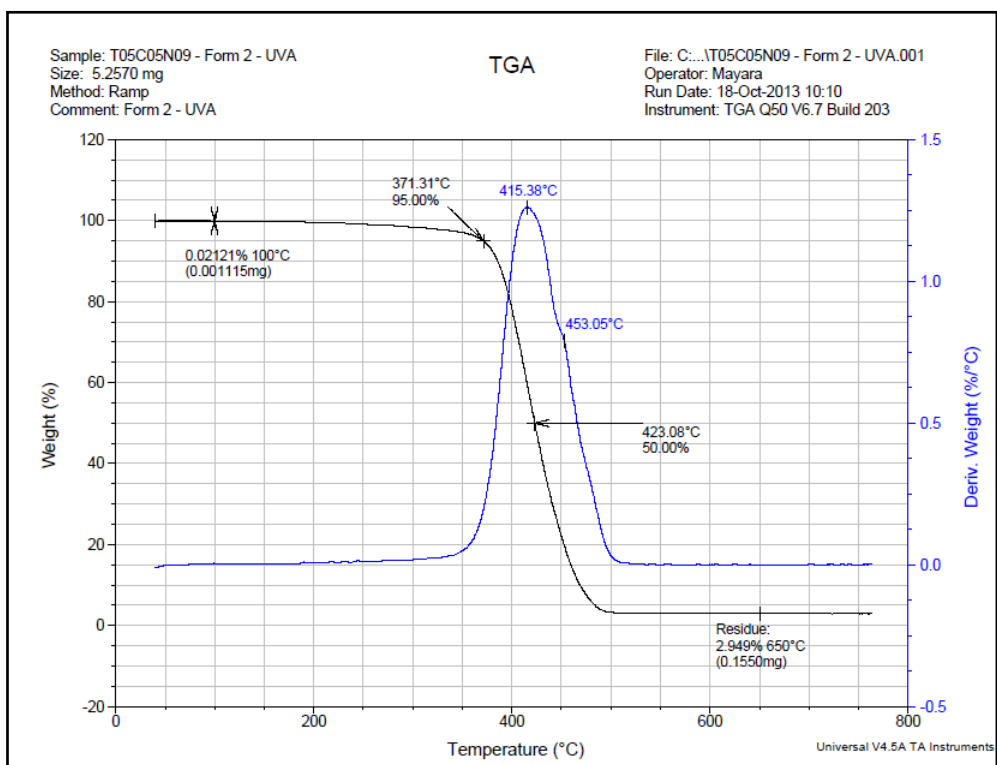
11- Amostra T05C05N03 natural



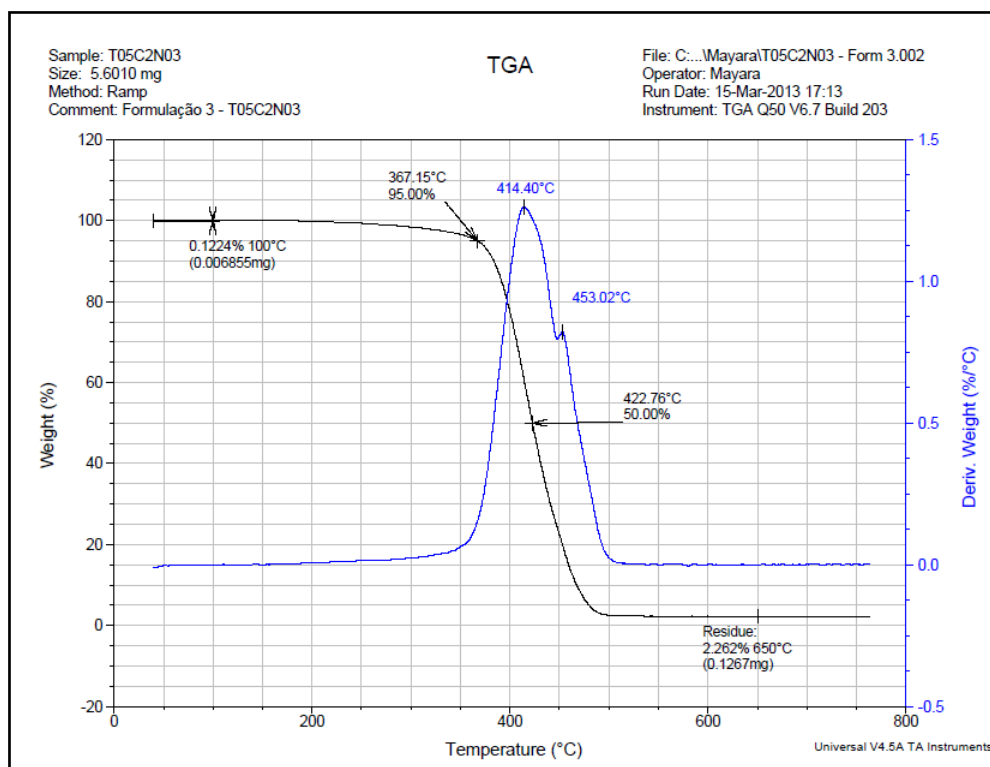
12- Amostra T05C05N03 envelhecida



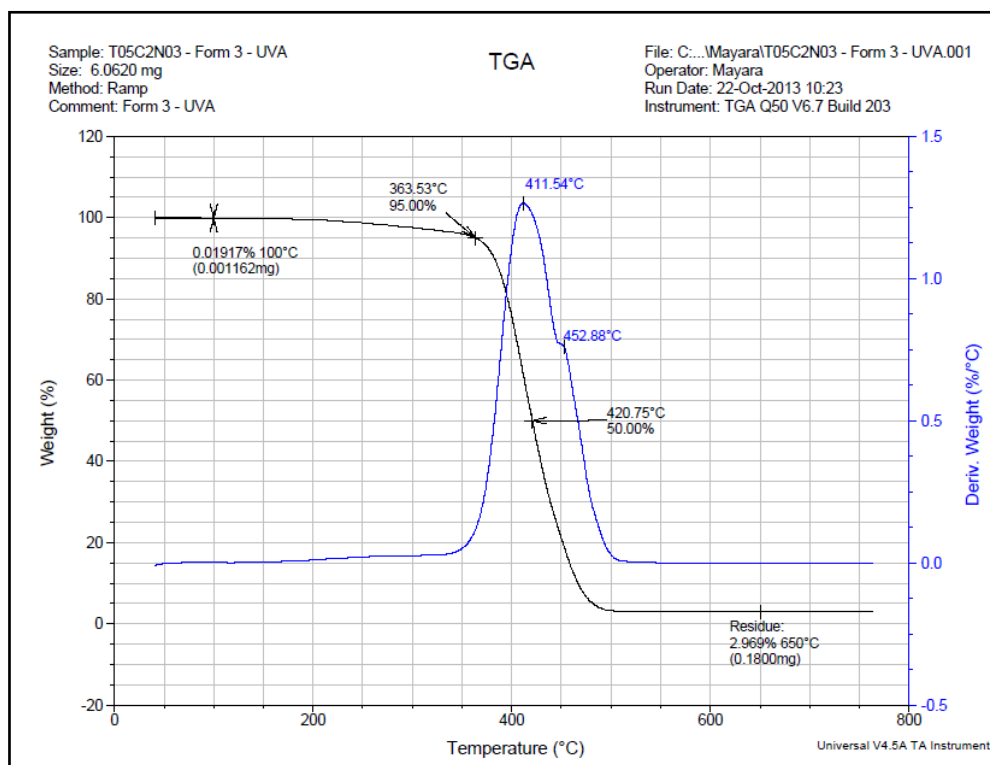
13- Amostra T05C05N09 natural



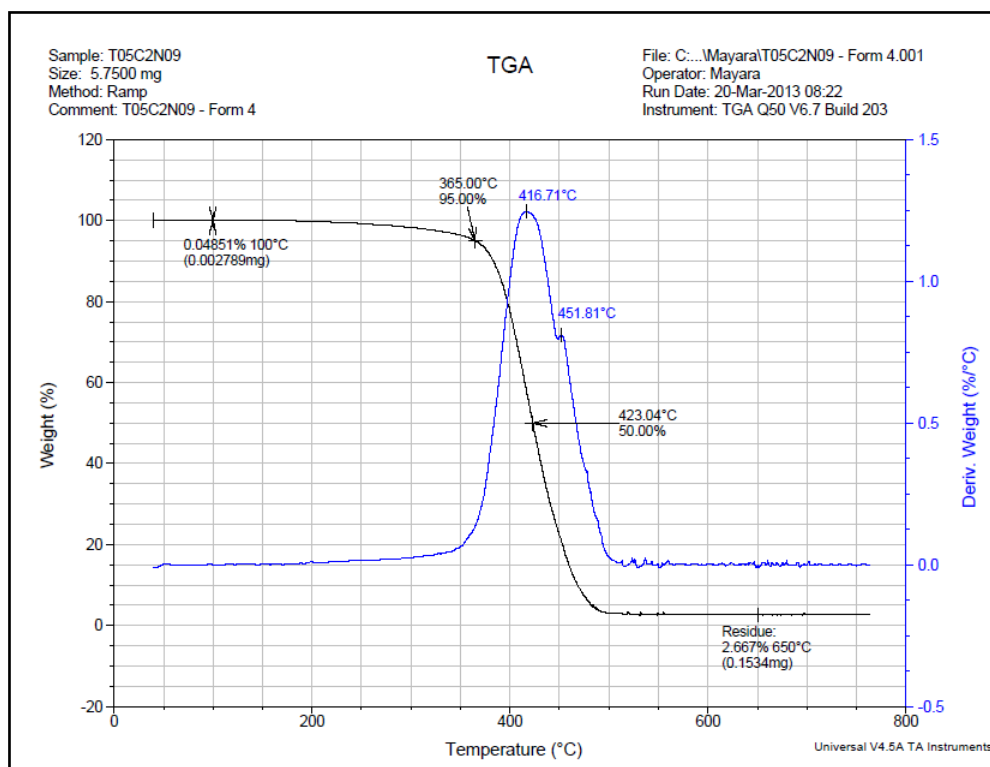
14- Amostra T05C05N09 envelhecida



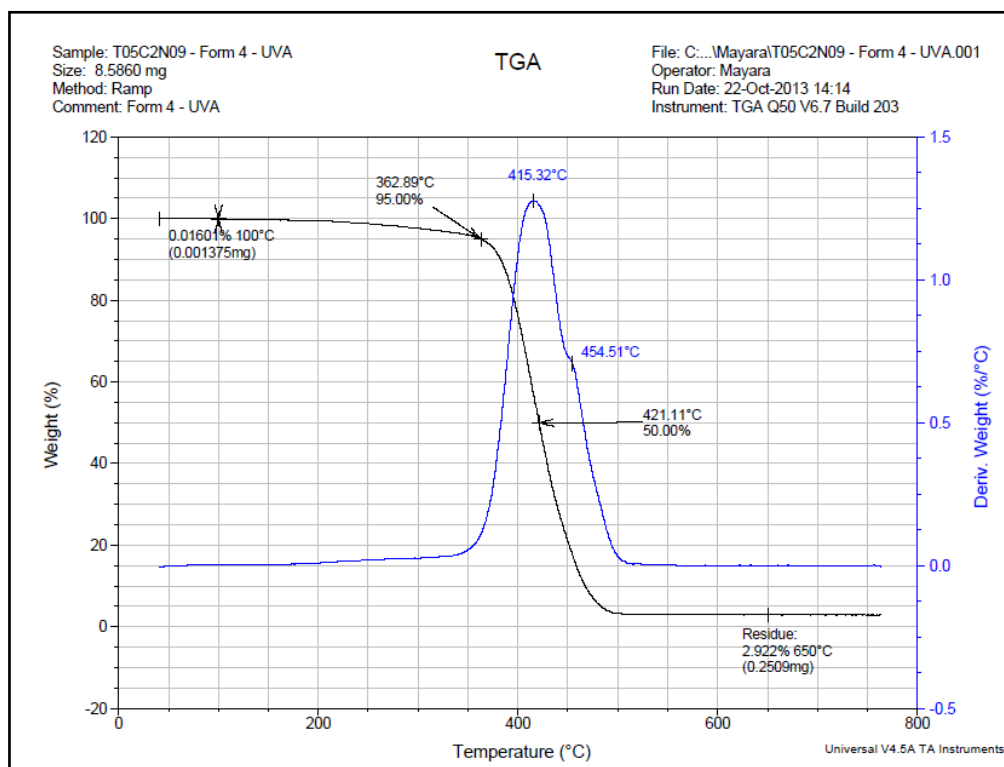
15- Amostra T05C2N03 natural



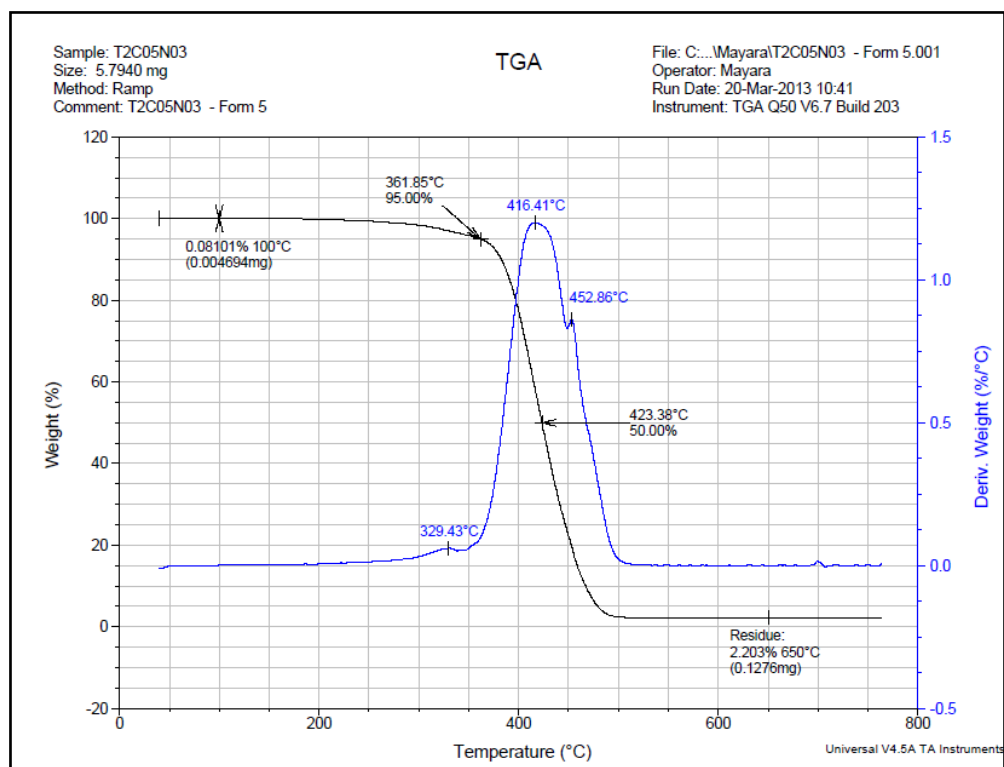
16- Amostra T05C2N03 envelhecida



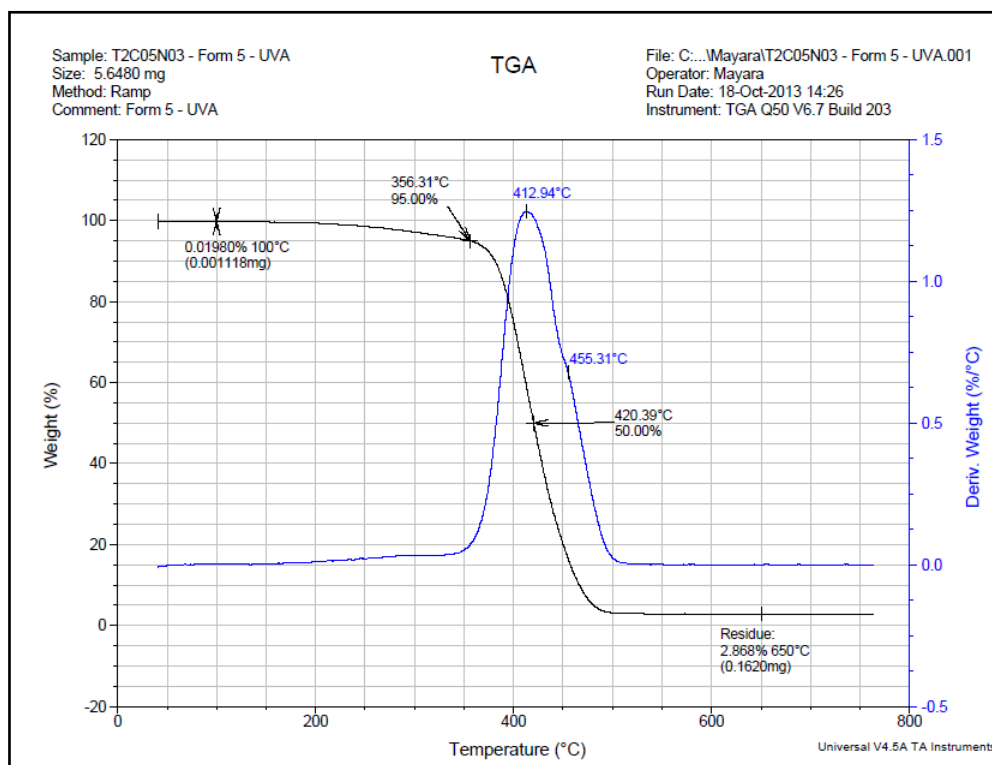
17- Amostra T05C2N09 natural



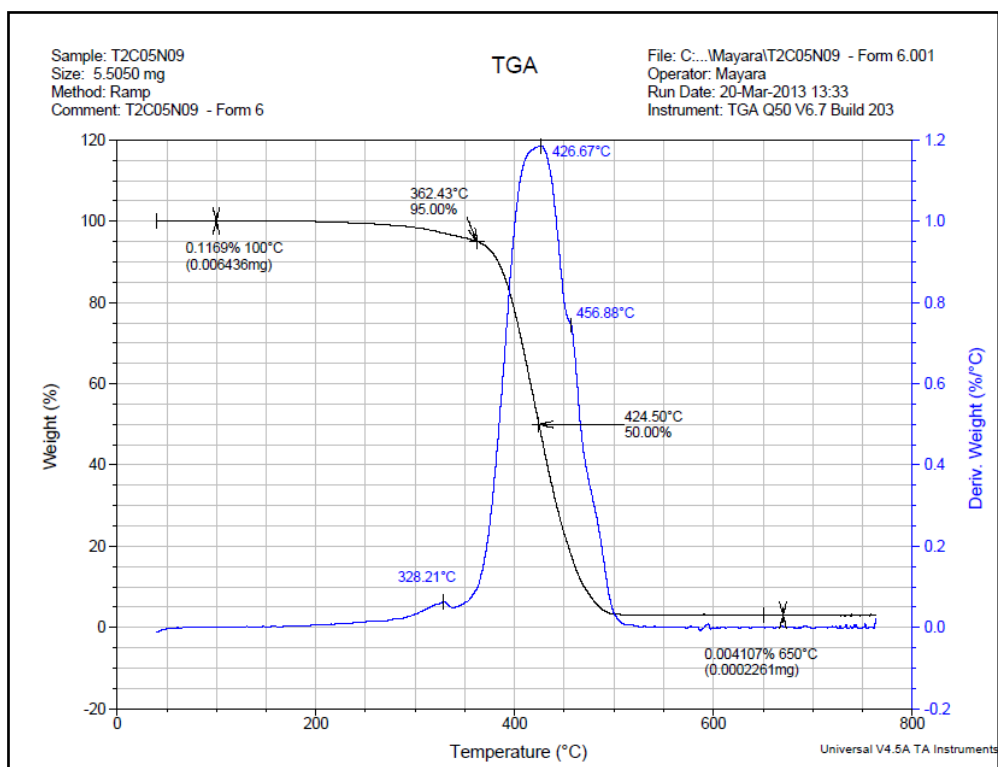
18- Amostra T05C2N09 envelhecida



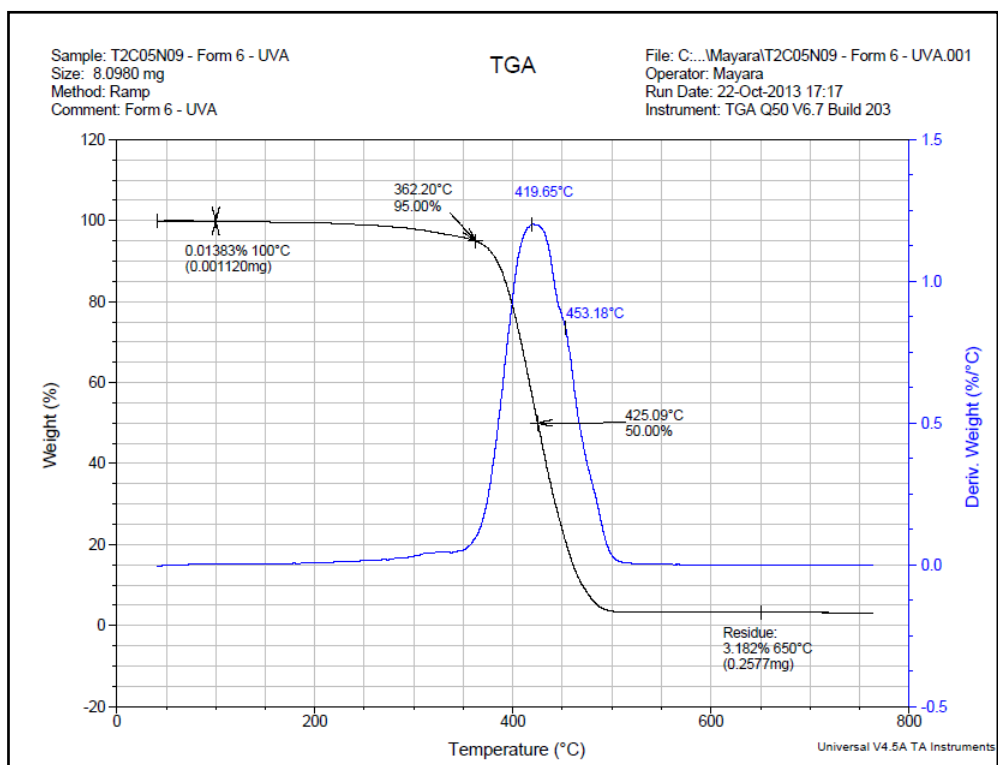
19- Amostra T2C05N03 natural



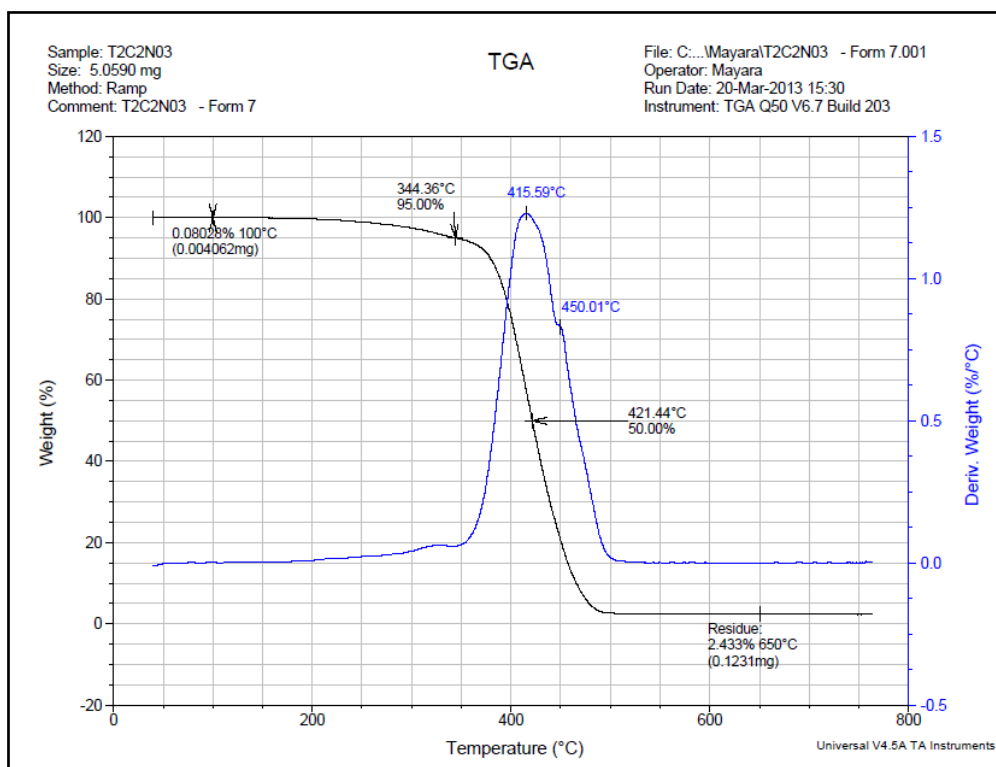
20- Amostra T2C05N03 envelhecida



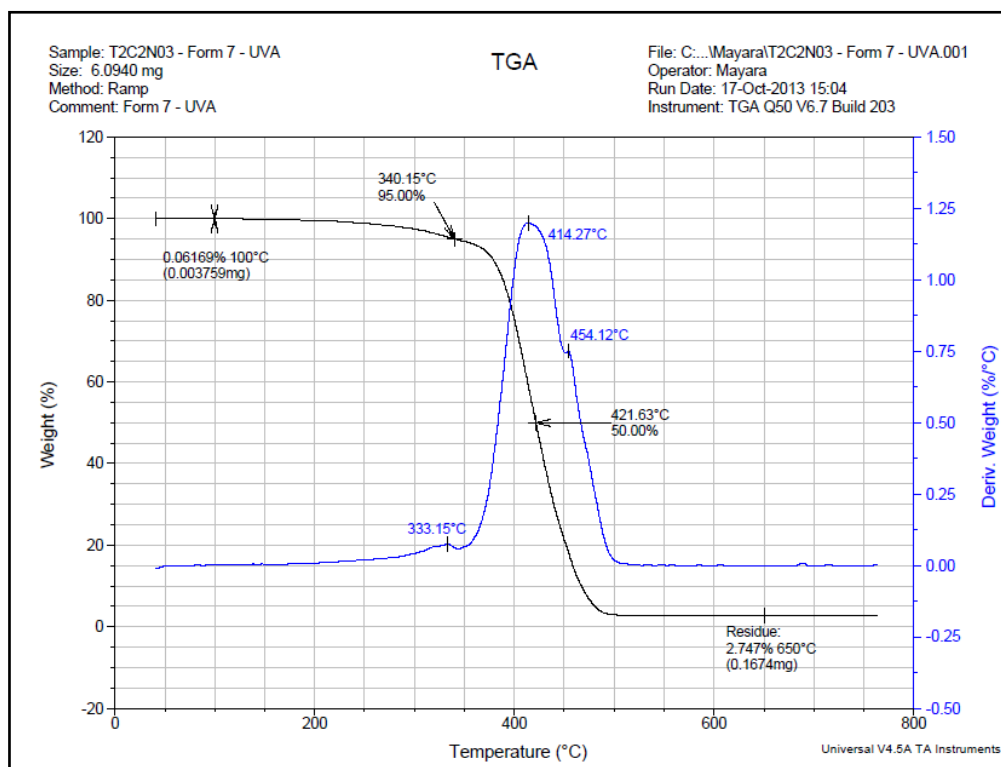
21- Amostra T2C05N09 natural



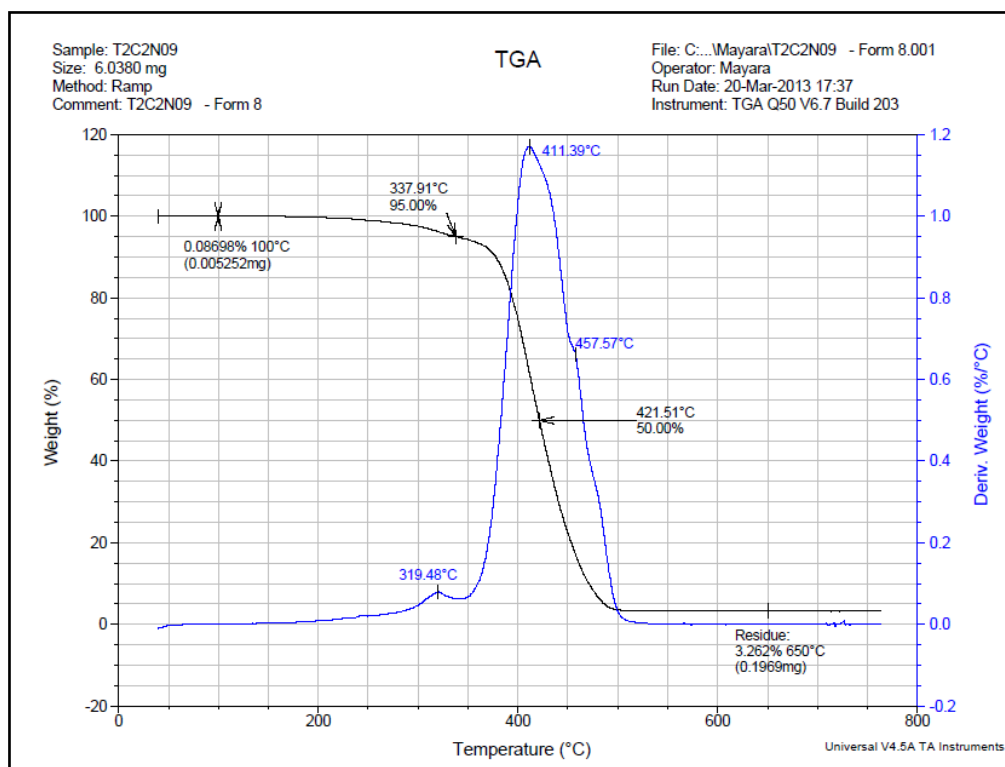
22- Amostra T2C05N09 envelhecida



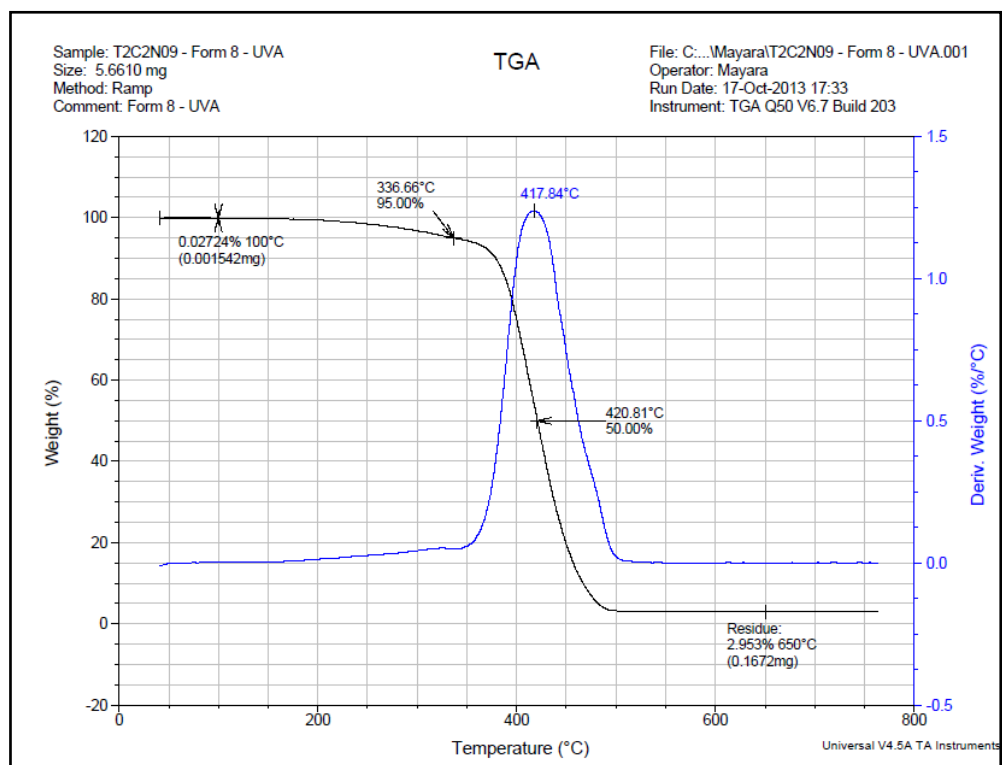
23- Amostra T2C2N03 natural



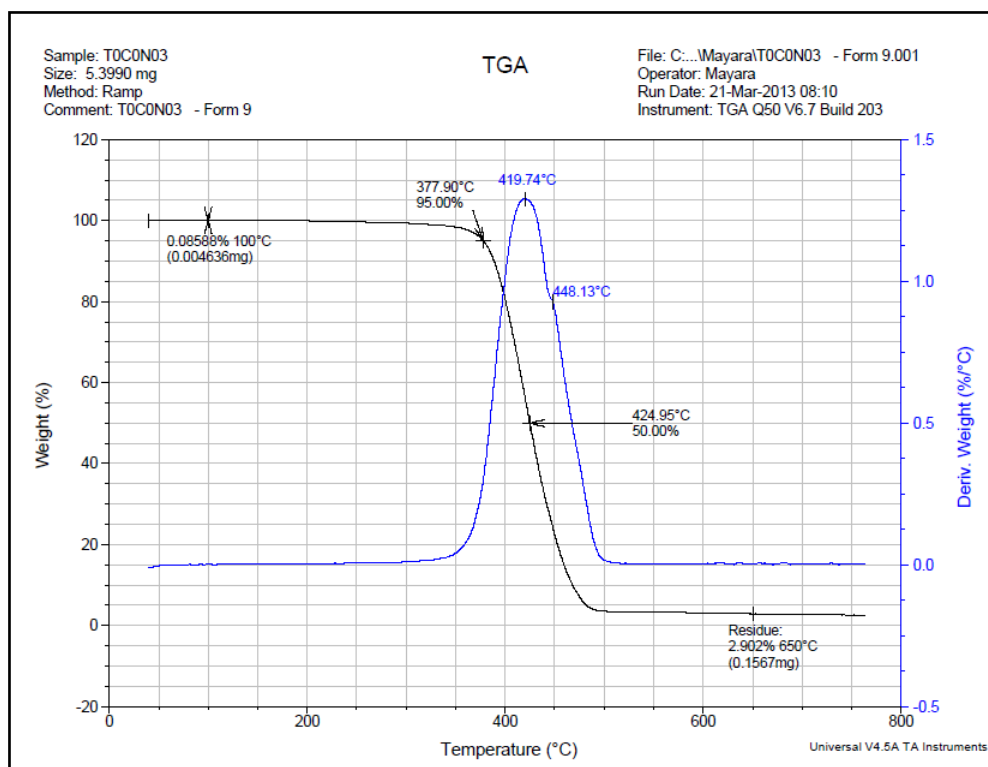
24- Amostra T2C2N03 envelhecida



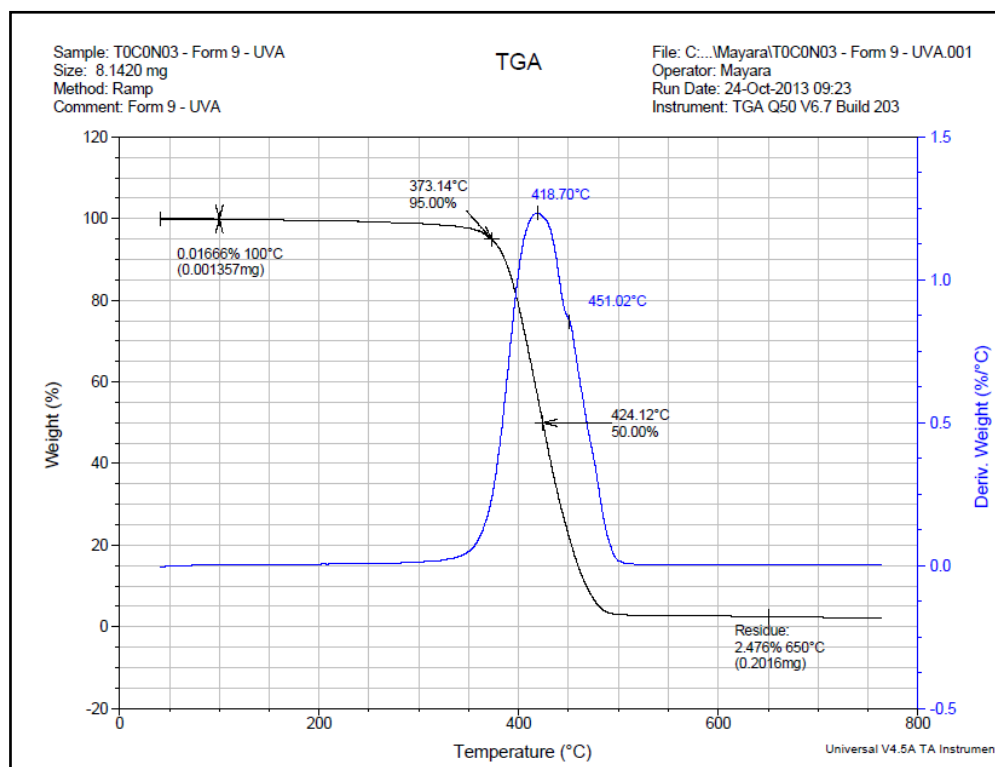
25- Amostra T2C2N09 natural



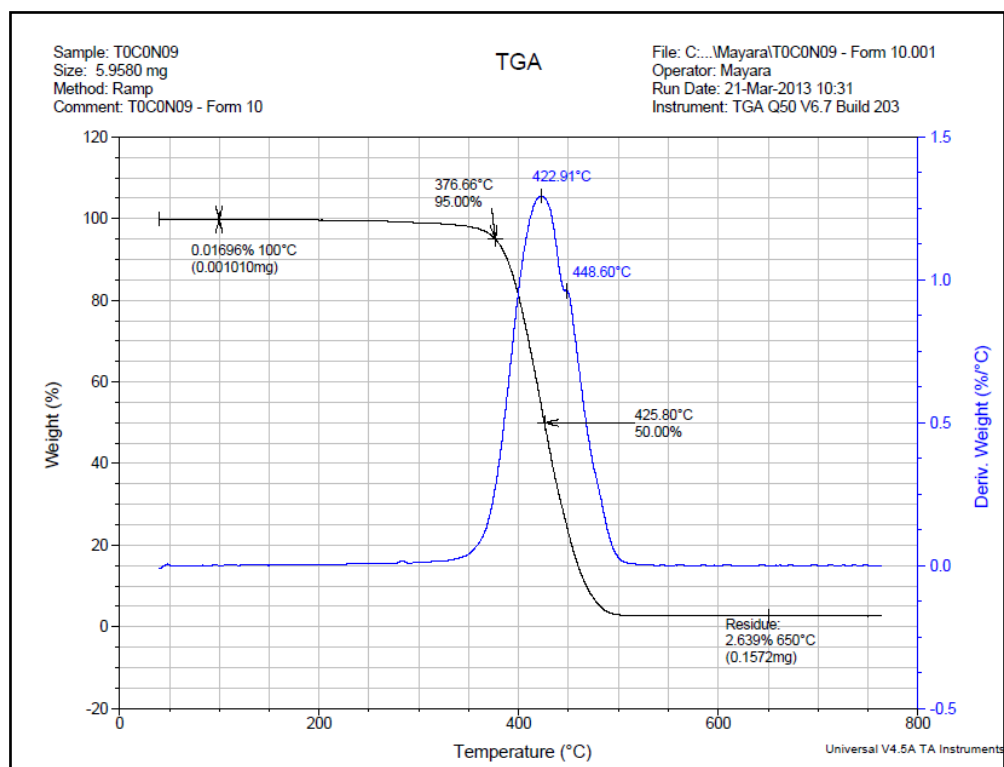
26- Amostra T2C2N09 envelhecida



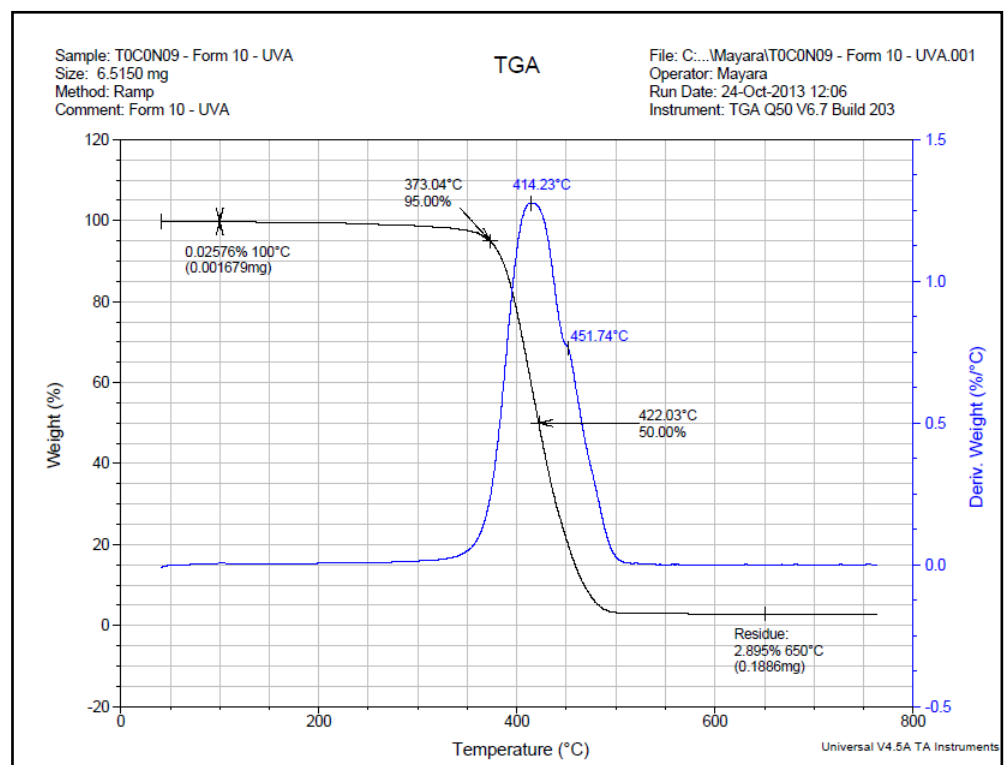
27- Amostra T0C0N03 natural



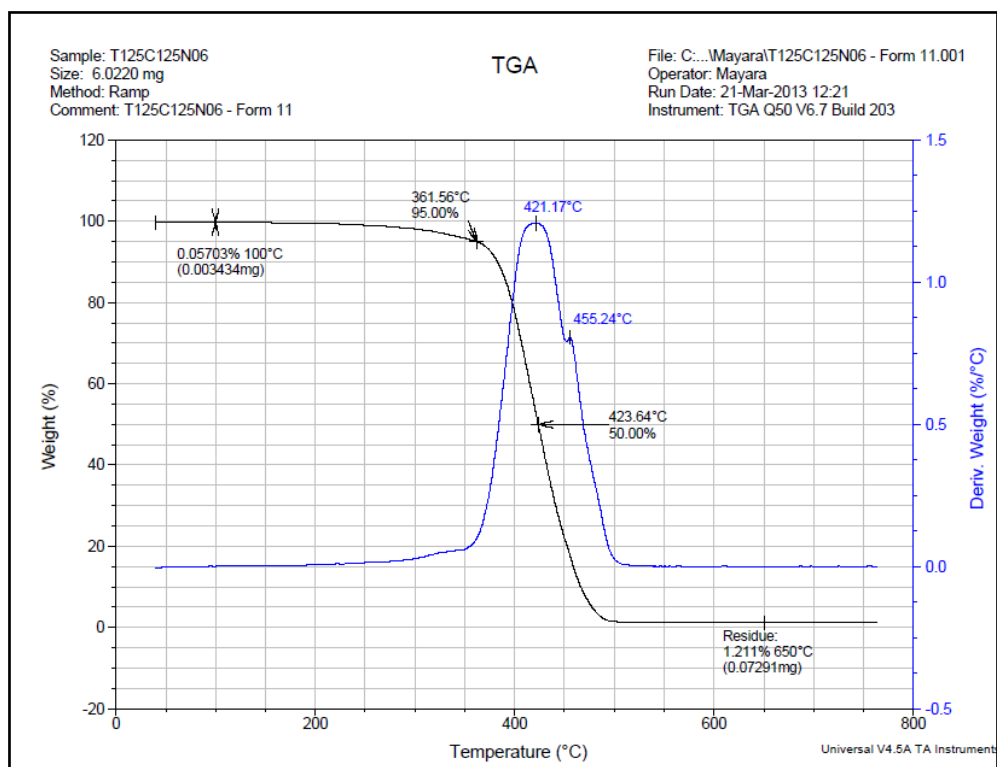
28- Amostra T0C0N03 envelhecida



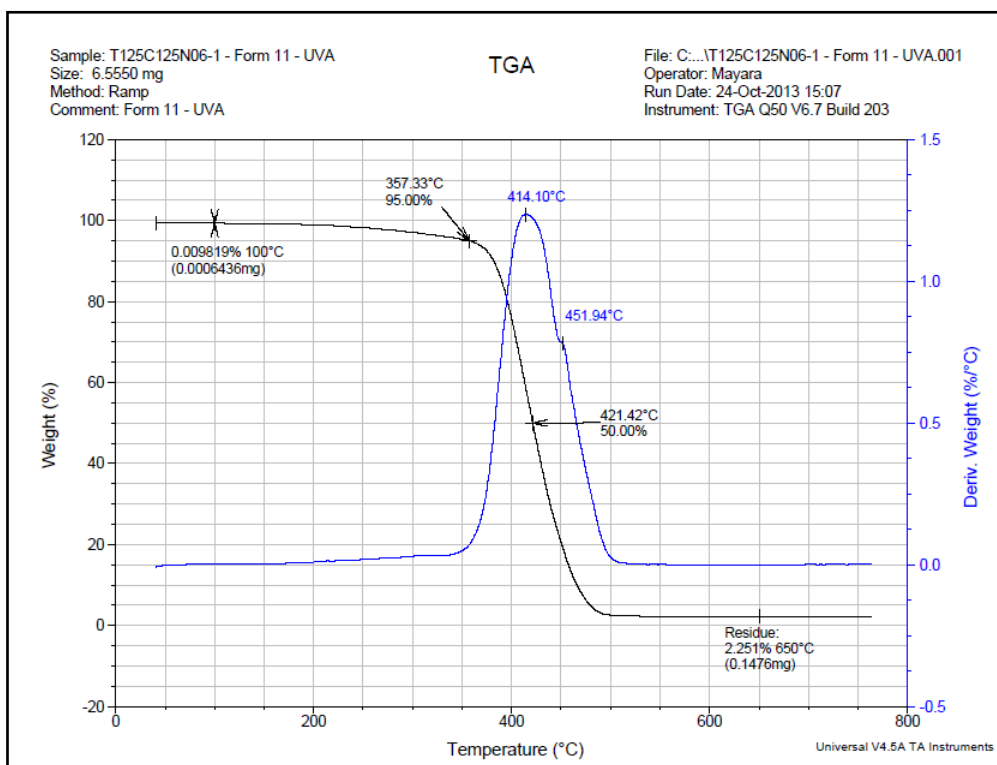
29- Amostra T0C0N09 natural



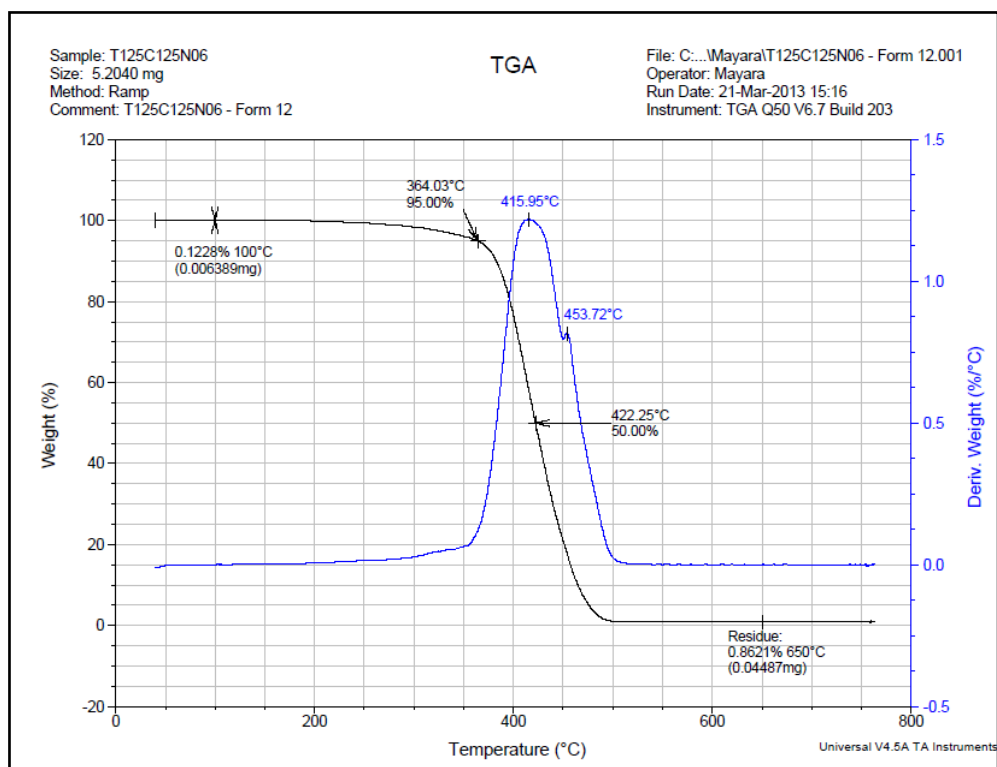
30- Amostra T0C0N09 envelhecida



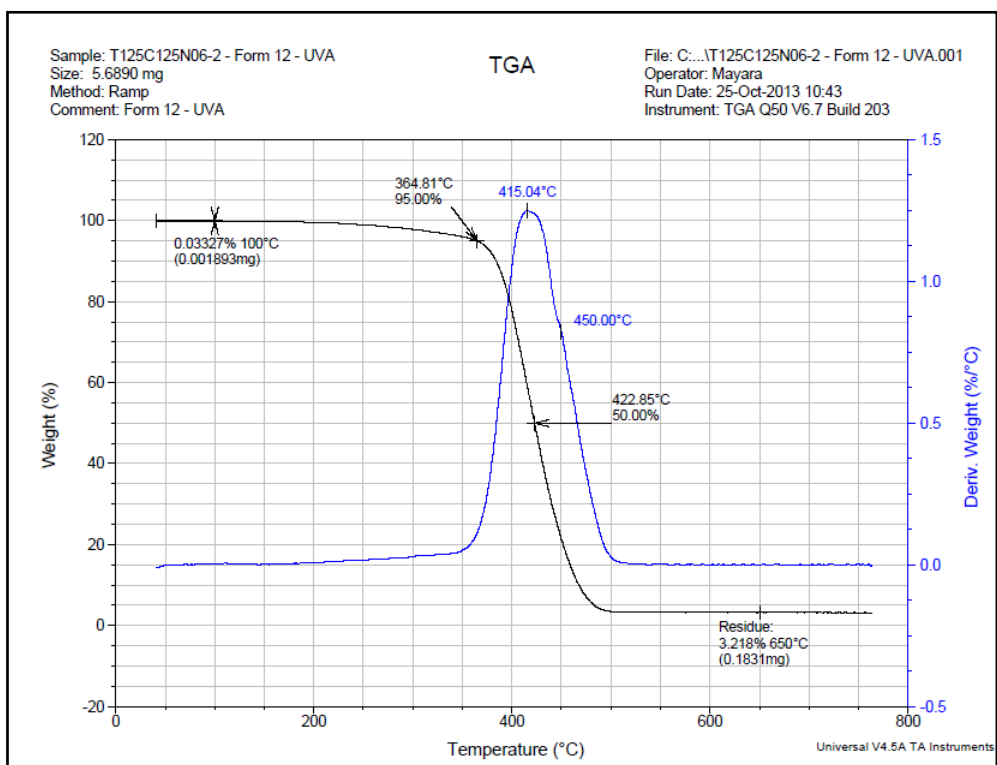
31- Amostra T125C125N06-1 natural



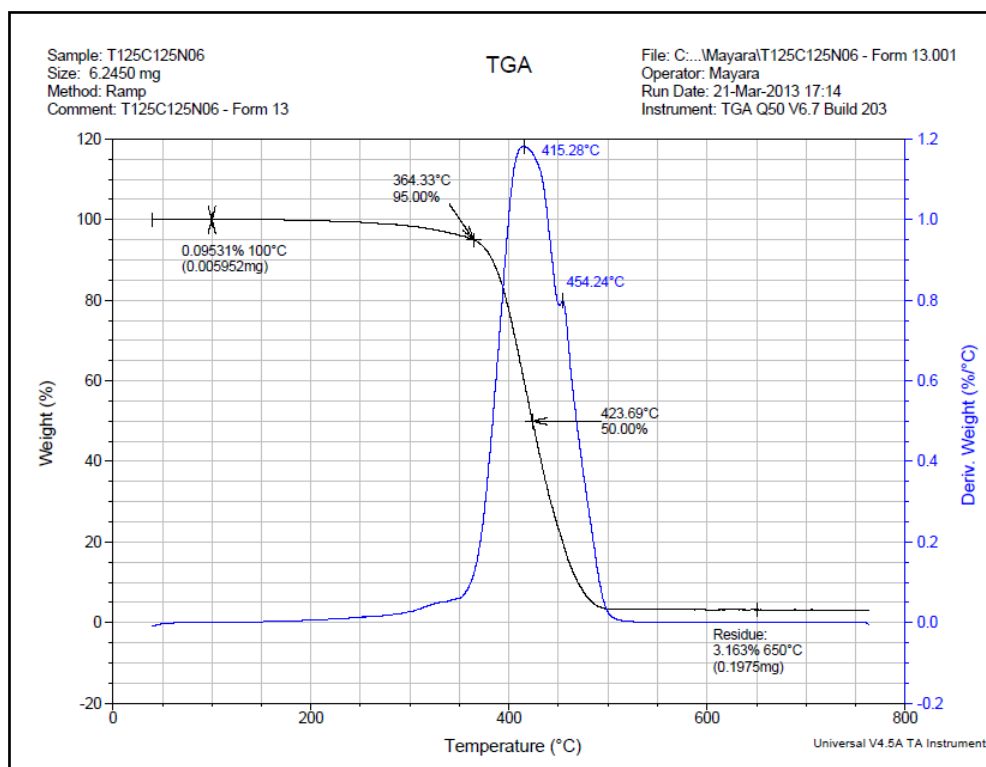
32- Amostra T125C125N06-1 envelhecida



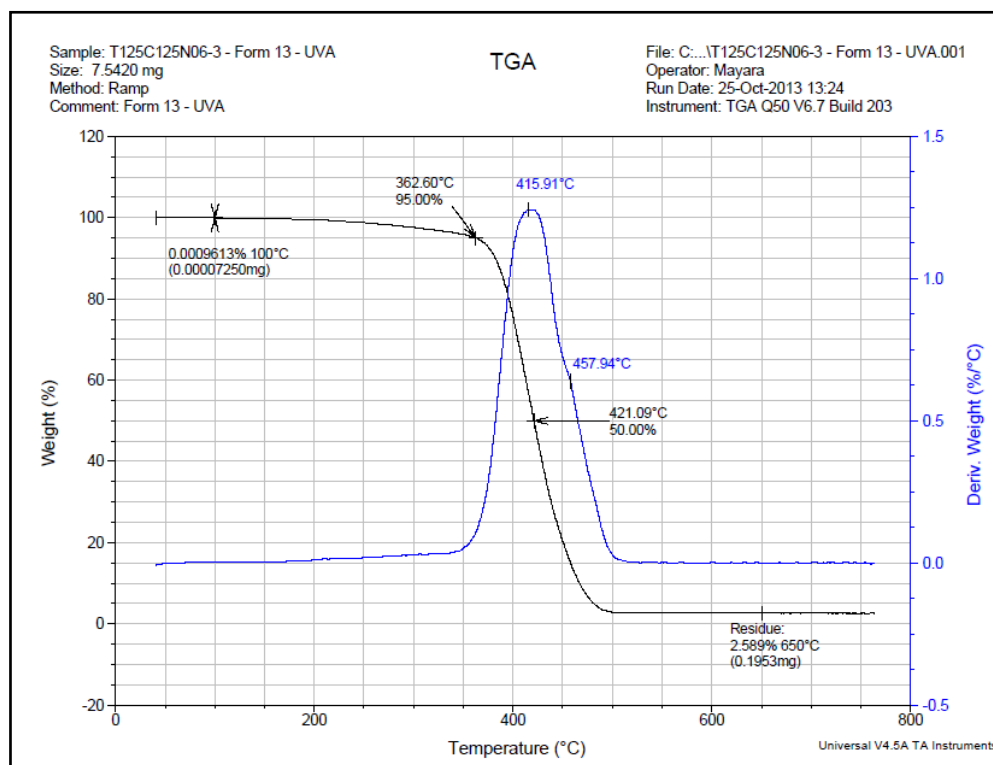
33- Amostra T125C125N06-2 natural



34- Amostra T125C125N06-2 envelhecida



35- Amostra T125C125N06-3 natural



36- Amostra T125C125N06-3 envelhecida

ANEXO I – Fichas técnicas dos materiais utilizados: polímero ABS Cicolac G366 e aditivos Tinuvin 770, Cyasorb 5411 e Monarch® 800.



CYCOLAC™ Resin G366 Europe-Africa-Middle East: LIMITED USE

CYCOLAC G366 is a "new technology" grade of ABS exhibiting outstanding property balance, a good flow, medium impact, medium to high heat resistant and an excellent stability during injection moulding. It is recommended for large or complex parts in automotive, electrical power tool segments and consumer industry.

TYPICAL PROPERTIES ¹	TYPICAL VALUE	Unit	Standard
MECHANICAL			
Taber Abrasion, CS-17, 1 kg	100	mg/1000cy	SABIC Method
Tensile Stress, yield, 5 mm/min	45	MPa	ISO 527
Tensile Stress, break, 5 mm/min	30	MPa	ISO 527
Tensile Stress, yield, 50 mm/min	50	MPa	ISO 527
Tensile Stress, break, 50 mm/min	40	MPa	ISO 527
Tensile Strain, yield, 5 mm/min	2	%	ISO 527
Tensile Strain, break, 5 mm/min	15	%	ISO 527
Tensile Strain, yield, 50 mm/min	3	%	ISO 527
Tensile Strain, break, 50 mm/min	15	%	ISO 527
Tensile Modulus, 1 mm/min	2600	MPa	ISO 527
Flexural Stress, yield, 2 mm/min	74	MPa	ISO 178
Flexural Modulus, 2 mm/min	2600	MPa	ISO 178
Hardness, H358/30	99	MPa	ISO 2039-1
Hardness, Rockwell R	115	-	ISO 2039-2
IMPACT			
Izod Impact, notched 80*10*4 +23°C	12	kJ/m ²	ISO 180/1A
Izod Impact, notched 80*10*4 -30°C	6	kJ/m ²	ISO 180/1A
Charpy 23°C, V-notch Edgew 80*10*4 sp=62mm	12	kJ/m ²	ISO 178/1eA
Charpy -30°C, V-notch Edgew 80*10*4 sp=62mm	7	kJ/m ²	ISO 178/1eA
THERMAL			
Thermal Conductivity	0.2	W/m-°C	ISO 8302
CTE, 23°C to 60°C, flow	8.E-05	1/°C	ISO 11359-2
CTE, 23°C to 60°C, xflow	8.E-05	1/°C	ISO 11359-2

(1) Typical values only. Variations within normal tolerances are possible for various colors. All values are measured after at least 48 hours storage at 23°C/55% relative humidity. All properties, except the melt volume and melt flow rates, are measured on injection molded samples. All samples tested under ISO test standards are prepared according to ISO 294.

(2) Only typical data for selection purposes. Not to be used for part or tool design.
(3) This rating is not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
(4) Internal measurements according to UL standards.
(5) Measurements made from laboratory test coupon. Actual shrinkage may vary outside of range due to differences in processing conditions, equipment, part geometry and tool design. It is recommended that mold shrinkage studies be performed with surrogate or regally tooling prior to cutting tools for new molded article.
(6) Needs hard coat to consistently pass 60 sec vertical Burn.

Source GMD, last updated:

PLEASE CONTACT YOUR LOCAL SALES OFFICE FOR AVAILABILITY IN YOUR AREA

DISCLAIMER: THE MATERIALS, PRODUCTS AND SERVICES OF SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION (SABIC) OR ITS SUBSIDIARIES OR AFFILIATES (SELLER) ARE SOLD SUBJECT TO SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, WHICH ARE AVAILABLE UPON REQUEST. INFORMATION AND RECOMMENDATIONS CONTAINED IN THIS DOCUMENT ARE GIVEN IN GOOD FAITH. HOWEVER, SELLER WAIVES NO EXPRESS OR IMPLIED REPRESENTATION, WARRANTY OR GUARANTEE (I) THAT ANY RESULTS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT WILL BE OBTAINED UNDER END-USE CONDITIONS, OR (II) AS TO THE EFFECTIVENESS OR SAFETY OF ANY DESIGN OR APPLICATION INCORPORATING SELLER'S MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS. UNLESS OTHERWISE PROVIDED IN SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, SELLER SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF ITS MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT.

Each user is responsible for making its own determination as to the suitability of Seller's materials, products, services or recommendations for the user's particular use through appropriate end-use and other testing and analysis. Nothing in any document or oral statement shall be deemed to alter or waive any provision of Seller's Standard Conditions of Sale or this Disclaimer, unless it is specifically agreed to in a writing signed by Seller. Statements by Seller concerning a possible use of any material, product, service or design do not, are not intended to, and should not be construed to grant any license under any patent or other intellectual property right of Seller or as a recommendation for the use of any material, product, service or design in a manner that infringes any patent or other intellectual property right.

SABIC and brands marked with ™ are trademarks of SABIC or its subsidiaries or affiliates.

© 2014 Saudi Basic Industries Corporation (SABIC).

CYCOLAC™ Resin G366

Europe-Africa-Middle East: LIMITED USE

TYPICAL PROPERTIES ¹	TYPICAL VALUE	Unit	Standard
THERMAL			
Ball Pressure Test, 75°C +/- 2°C	PASSES	-	IEC 60095-10-2
Vicat Softening Temp, Rate B/50	106	°C	ISO 306
Vicat Softening Temp, Rate B/120	108	°C	ISO 306
HDT/Be, 0.45MPa Edgew 120°10'4 sp=100mm	96	°C	ISO 75/Be
HDT/Ae, 1.8 MPa Edgew 120°10'4 sp=100mm	82	°C	ISO 75/Ae
Relative Temp Index, Elec	80	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/impact	80	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/o impact	80	°C	UL 746B
PHYSICAL			
Mold Shrinkage on Tensile Bar, flow (2) (5)	0.5 - 0.7	%	SABIC Method
Density	1.05	g/cm ³	ISO 1183
Water Absorption, (23°C/sat)	1	%	ISO 62
Moisture Absorption (23°C / 50% RH)	0.2	%	ISO 62
Melt Flow Rate, 220°C/10.0 kg	8	g/10 min	ISO 1133
Melt Volume Rate, MVR at 220°C/10.0 kg	8	cm ³ /10 min	ISO 1133
ELECTRICAL			
Volume Resistivity	>1.E+15	Ohm-cm	IEC 60093
Surface Resistivity, ROA	>1.E+15	Ohm	IEC 60093
Dielectric Strength, in oil, 0.8 mm	35	kV/mm	IEC 60243-1
Dielectric Strength, in oil, 1.6 mm	26	kV/mm	IEC 60243-1
Dielectric Strength, in oil, 3.2 mm	18	kV/mm	IEC 60243-1
Relative Permittivity, 1 MHz	2.8	-	IEC 60250
Dissipation Factor, 50/60 Hz	0.011	-	IEC 60250
Dissipation Factor, 1 MHz	0.014	-	IEC 60250
Comparative Tracking Index	575	V	IEC 60112

(1) Typical values only. Variations within normal tolerances are possible for various colors. All values are measured after at least 48 hours storage at 23°C/50% relative humidity. All properties, except the melt volume and melt flow rates, are measured on injection molded samples. All samples tested under ISO test standards are prepared according to ISO 254.

(2) Only typical data for selection purposes. Not to be used for part or tool design.
 (3) This rating is not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
 (4) Internal measurements according to UL standards.
 (5) Measurements made from laboratory test coupon. Actual shrinkage may vary outside of range due to differences in processing conditions, equipment, part geometry and tool design. It is recommended that mold shrinkage studies be performed with autogate or legacy tooling prior to outfitting tools for new molded article.
 (6) Needs hard coat to consistently pass 60 sec Vertical Burn.

Source GMD, last updated:

PLEASE CONTACT YOUR LOCAL SALES OFFICE FOR AVAILABILITY IN YOUR AREA.

DISCLAIMER: THE MATERIALS, PRODUCTS AND SERVICES OF SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION (SABIC) OR ITS SUBSIDIARIES OR AFFILIATES (SELLER) ARE SOLD SUBJECT TO SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, WHICH ARE AVAILABLE UPON REQUEST. INFORMATION AND RECOMMENDATIONS CONTAINED IN THIS DOCUMENT ARE GIVEN IN GOOD FAITH. HOWEVER, SELLER MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED REPRESENTATION, WARRANTY OR GUARANTEE (I) THAT ANY RESULTS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT WILL BE OBTAINED UNDER END-USE CONDITIONS, OR (II) AS TO THE EFFECTIVENESS OR SAFETY OF ANY DESIGN OR APPLICATION INCORPORATING SELLER'S MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS. UNLESS OTHERWISE PROVIDED IN SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, SELLER SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF ITS MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT.

Each user is responsible for making its own determination as to the suitability of Seller's materials, products, services or recommendations for the user's particular use through appropriate end-use and other testing and analysis. Nothing in any document or oral statement shall be deemed to alter or waive any provision of Seller's Standard Conditions of Sale or this Disclaimer, unless it is specifically agreed to in a writing signed by Seller. Statements by Seller concerning a possible use of any material, product, service or design do not, are not intended to, and should not be construed to grant any license under any patent or other intellectual property right of Seller or as a recommendation for the use of any material, product, service or design in a manner that infringes any patent or other intellectual property right.

SABIC and brands marked with ™ are trademarks of SABIC or its subsidiaries or affiliates.

©2014 Saudi Basic Industries Corporation (SABIC).



CYCOLAC™ Resin G366

Europe-Africa-Middle East: LIMITED USE

TYPICAL PROPERTIES ¹	TYPICAL VALUE	Unit	Standard
ELECTRICAL			
Relative Permittivity, 50/60 Hz	2.9	-	IEC 60250
FLAME CHARACTERISTICS			
UL Recognized, 94HB Flame Class Rating (3)	1.5	mm	UL 94
UL Recognized, 94HB Flame Class Rating 2nd value (3)	3	mm	UL 94
Glow Wire Flammability Index 650°C, passes at	3.2	mm	IEC 60695-2-12
Glow Wire Flammability Index 750°C, passes at	1	mm	IEC 60695-2-12
FMVSS Burning Speed, thickness 1 mm	25	mm/min	FMVSS 302

(1) Typical values only. Variations within normal tolerances are possible for various colors. All values are measured after at least 48 hours storage at 23°C/50% relative humidity. All properties, except the melt volume and melt flow rates, are measured on injection molded samples. All samples tested under ISO test standards are prepared according to ISO 254.

(2) Only typical data for selection purposes. Not to be used for part or tool design.
 (3) This rating is not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
 (4) Internal measurements according to UL standards.
 (5) Measurements made from laboratory test coupon. Actual shrinkage may vary outside of range due to differences in processing conditions, equipment, part geometry and tool design. It is recommended that mold shrinkage studies be performed with subgrade or legible tooling prior to cutting tools for new molded article.
 (6) Needs hard coat to consistently pass 60 sec Vertical Burn.

Source GMD, last updated:

PLEASE CONTACT YOUR LOCAL SALES OFFICE FOR AVAILABILITY IN YOUR AREA.

DISCLAIMER: THE MATERIALS, PRODUCTS AND SERVICES OF SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION (SABIC) OR ITS SUBSIDIARIES OR AFFILIATES (SELLER) ARE SOLD SUBJECT TO SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, WHICH ARE AVAILABLE UPON REQUEST. INFORMATION AND RECOMMENDATIONS CONTAINED IN THIS DOCUMENT ARE GIVEN IN GOOD FAITH. HOWEVER, SELLER MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED REPRESENTATION, WARRANTY OR GUARANTEE (I) THAT ANY RESULTS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT WILL BE OBTAINED UNDER END-USE CONDITIONS, OR (II) AS TO THE EFFECTIVENESS OR SAFETY OF ANY DESIGN OR APPLICATION INCORPORATING SELLER'S MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS. UNLESS OTHERWISE PROVIDED IN SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, SELLER SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF ITS MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT.

Each user is responsible for making its own determination as to the suitability of Seller's materials, products, services or recommendations for the user's particular use through appropriate end-use and other testing and analysis. Nothing in any document or oral statement shall be deemed to alter or waive any provision of Seller's Standard Conditions of Sale or this Disclaimer, unless it is specifically signed to in a writing signed by Seller. Statements by Seller concerning a possible use of any material, product, service or design do not, are not intended to, and should not be construed to grant any license under any patent or other intellectual property right of Seller or as a recommendation for the use of any material, product, service or design in a manner that infringes any patent or other intellectual property right.

SABIC and brands marked with ™ are trademarks of SABIC or its subsidiaries or affiliates.

©2014 Saudi Basic Industries Corporation (SABIC).



CYCOLAC™ Resin G366

Europe-Africa-Middle East: LIMITED USE

PROCESSING PARAMETERS	TYPICAL VALUE	Unit
Injection Molding		
Drying Temperature	90 - 100	°C
Drying Time	2 - 4	hrs
Maximum Moisture Content	0.1	%
Melt Temperature	250 - 280	°C
Nozzle Temperature	245 - 275	°C
Front - Zone 3 Temperature	250 - 280	°C
Middle - Zone 2 Temperature	250 - 280	°C
Rear - Zone 1 Temperature	230 - 260	°C
Hopper Temperature	60 - 80	°C
Mold Temperature	40 - 80	°C

(1) Typical values only. Variations within normal tolerances are possible for various colors. All values are measured after at least 48 hours storage at 23°C/50% relative humidity. All properties, except the melt volume and melt flow rates, are measured on injection molded samples. All samples tested under ISO test standards are prepared according to ISO 254.

(2) Only typical data for selection purposes. Not to be used for part or tool design.
 (3) This rating is not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
 (4) Internal measurements according to UL standards.
 (5) Measurements made from laboratory test coupon. Actual shrinkage may vary outside of range due to differences in processing conditions, equipment, part geometry and tool design. It is recommended that mold shrinkage studies be performed with surrogate or regality tooling prior to cutting tools for new molded article.
 (6) Needs hard coat to consistently pass 60 sec Vertical Burn.

Source GMD, last updated:

PLEASE CONTACT YOUR LOCAL SALES OFFICE FOR AVAILABILITY IN YOUR AREA

DISCLAIMER: THE MATERIALS, PRODUCTS AND SERVICES OF SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION (SABIC) OR ITS SUBSIDIARIES OR AFFILIATES (SELLER) ARE SOLD SUBJECT TO SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE, WHICH ARE AVAILABLE UPON REQUEST. INFORMATION AND RECOMMENDATIONS CONTAINED IN THIS DOCUMENT ARE GIVEN IN GOOD FAITH. HOWEVER, SELLER MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED REPRESENTATION, WARRANTY OR GUARANTEE (I) THAT ANY RESULTS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT WILL BE OBTAINED UNDER END-USE CONDITIONS, OR (II) AS TO THE EFFECTIVENESS OR SAFETY OF ANY DESIGN OR APPLICATION INCORPORATING SELLER'S MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS, UNLESS OTHERWISE PROVIDED IN SELLER'S STANDARD CONDITIONS OF SALE. SELLER SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR ANY LOSS RESULTING FROM ANY USE OF ITS MATERIALS, PRODUCTS, SERVICES OR RECOMMENDATIONS DESCRIBED IN THIS DOCUMENT.

Each user is responsible for making its own determination as to the suitability of Seller's materials, products, services or recommendations for the user's particular use through appropriate end-use and other testing and analysis. Nothing in any document or oral statement shall be deemed to alter or waive any provision of Seller's Standard Conditions of Sale or this Disclaimer, unless it is specifically agreed to in a writing signed by Seller. Statements by Seller concerning a possible use of any material, product, service or design do not, are not intended to, and should not be construed to grant any license under any patent or other intellectual property right of Seller or as a recommendation for the use of any material, product, service or design in a manner that infringes any patent or other intellectual property right.

SABIC and brands marked with ™ are trademarks of SABIC or its subsidiaries or affiliates.

©2014 Saudi Basic Industries Corporation (SABIC)

Tinuvin® 770

Low molecular weight hindered amine light stabilizer (HALS)

Characterization

Tinuvin 770 is a low molecular weight hindered amine light stabilizer (HALS) for applications demanding particularly high light stability. It provides excellent light stability for thick sections but can also be used for articles with a high surface area such as films and tapes.

Chemical name

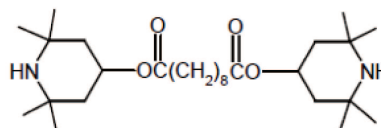
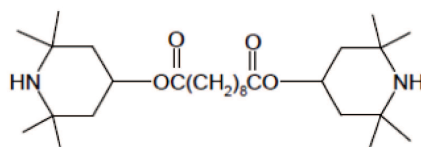
Bis(2,2,6,6,-tetramethyl-4-piperidyl)sebacate

CAS number

52829-07-9

Structure

Tinuvin 770



Molecular weight

481 g/mol

Applications

Tinuvin 770 is recommended to be used in polypropylene, impact modified PP (TPO), EPDM, polystyrene, impact polystyrene, ABS, SAN, ASA, polyurethanes, and is also effective in polyamides and polyacetals.

Features/benefits

Tinuvin 770 is a low molecular weight hindered amine light stabilizer that provides excellent light stability for thick sections and films in the recommended substrates. Benefit of using Tinuvin 770 is the high light-stabilizing performance, particularly in PP thick sections to protect the surface. It has broad compatibility and can be easily dispersed.

Compared to UV absorbers, the effectiveness of HALS, like Tinuvin 770, is not dependent on the polymer's thickness. For this reason the use of Tinuvin 770 also provides good light stability in articles with higher specific surface, e. g. films and tapes.

Product forms

Code: Tinuvin 770 DF
 Appearance: white crystalline granules

Guidelines for use

The recommended concentrations range between 0.1 % and 1.0 %, depending on the substrate, processing conditions and application. The optimum level is substrate and application specific. Extensive performance data of Tinuvin 770 in various substrates and for various applications is available upon request.

Physical properties

Melting range: 81–85 °C
 Flashpoint (DIN 51584): > 150 °C
 Specific gravity (20 °C): 1.05 g/cm³
 Vapor pressure (20 °C): 1.3 E-8 Pa
 Bulk density: 470–510 g/l

Solubility (20 °C)	% w/w
Acetone	19
Chloroform	45
Ethanol	–
Ethyl acetate	24
n-Hexane	5
Methanol	38
Dichloromethane	56
Toluene	–
Water	< 0.01

Volatility	Pure substance; TGA, heating rate at 20 °C/min in air
Weight Loss (%)	Temperature °C
0.7	150
0.7	175
1.0	200
2.1	225
7.2	250
19.8	275

Handling & Safety

In accordance with good industrial practice, handle with care and avoid unnecessary personal contact. Avoid continuous or repetitive breathing of dust. Use only with adequate ventilation. Avoid contact with eyes. Avoid release to the environment. Avoid dust formation and ignition sources.

For more detailed information please refer to the material safety data sheet.

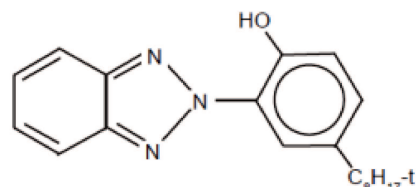
Note

The descriptions, designs, data and information contained herein are presented in good faith, and are based on BASF's current knowledge and experience. They are provided for guidance only, and do not constitute the agreed contractual quality of the product or a part of BASF's terms and conditions of sale. Because many factors may affect processing or application/use of the product, BASF recommends that the reader carry out its own investigations and tests to determine the suitability of a product for its particular purpose prior to use. It is the responsibility of the recipient of product to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. No warranties of any kind, either expressed or implied, including, but not limited to, warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made regarding products described or designs, data or information set forth herein, or that the products, descriptions, designs, data or information may be used without infringing the intellectual property rights of others. Any descriptions, designs, data and information given in this publication may change without prior information. The descriptions, designs, data and information furnished by BASF hereunder are given gratis and BASF assumes no obligation or liability for the descriptions, designs, data or information given or results obtained, all such being given and accepted at the reader's risk.

November 2010

PROPERTIES

CYASORB® UV-5411 light absorber



TYPICAL PROPERTIES

Chemical Formula	$C_{20}H_{25}N_3O$
Molecular Weight	323
Specific Gravity (25°C)	1.18

SPECIFICATIONS

Description	White to off white free-flowing powder
Melting Point, °C	103.0-105.3
Loss on drying, % (at 100°C, 30 min), %	0.1 max
Toluene Insolubles, %	0.04 max
Absorbance	0.34 max

HEALTH AND SAFETY

EFFECTS OF OVEREXPOSURE:

The acute oral (rat) and acute dermal (rabbit) LD₅₀ values for this material are greater than 10,000 mg/kg and greater than 5,000 mg/kg, respectively. The 4-hour LC₅₀ (rat) value is estimated to be greater than 20 mg/L. No skin or eye irritation were produced during primary irritation studies with rabbits. No skin sensitization was produced during a repeated insult patch test on human subjects.

Direct contact with this material may cause minimal eye and skin irritation.

In case of skin contact, wash affected areas of skin with soap and water.

2-(2-Hydroxy-5-t-octylphenyl)-benzotriazole

CAS NUMBER 003147-75-9

In case of eye contact, immediately irrigate with plenty of water for 15 minutes.

Material is not expected to be harmful if inhaled. If inhaled, remove to fresh air.

Before handling this material, read the corresponding Cytec Industries Inc. Material Safety Data Sheet (MSDS) or safety, health, and environmental data.

FDA STATUS

CYASORB UV-5411 light stabilizer is sanctioned by the FDA as a stabilizer for polycarbonate resins (21C 178.2010) complying with Section 177.1580, provided the levels of usage do not exceed 0.5% by weight of polymer and that the finished resins contact food only under conditions of use E, F, and G described under Table 2 of Section 176.170.

Shipping Classification:

Chemical NOI

Shipping Container:

32-gallon fiber drum, 100 lb net or 50 lb bag

CYTEC

CYTEC INDUSTRIES INC.
Polymer Additives
Five Garret Mountain Plaza
West Paterson, NJ 07424-3360
973-357-3100
<http://www.cytec.com>

PAT- 029-E

**SPECIAL BLACK –
MEDIUM COLOR PIGMENT BLACK**



MONARCH® 800



MONARCH® 800 pigment black is a specialty black pigment designed to offer a wide range of properties. Formulations with Monarch 800 exhibit excellent jetness, blue undertone, with UV durability.

Product Form: Powder

Application Information

Liquid Coatings

MONARCH 800 pigment black can be used in difference application such as Industrial or architecture in which excellent jetness and blue undertone are required. Its small particle also promotes UV energy absorption for good exterior durability.

The dispersibility of MONARCH 800 pigment black will depend on the equipment used and the formulation. Good dispersions will require adequate wetting in a premix of solvents, dispersants and a minimum of resin in a high speed disperser followed by grinding in an attritor or horizontal mill with ceramic beads. Dispersant levels required will range from 25 - 40 weight percent on pigment depending on the formulation.

MONARCH 800 is a powder pigment black with a typical bulk density of 20 lbs/ft³ (320 g/L). It is also available in a less dusty pellet grade as BLACK PEARLS® 800 that would require the use of a ball mill or horizontal mill to grind.

Other Applications

This pigment black is also used in General Dispersing and in the field of Leather Colorants.

Packaging Options

Multi Unit	Intermediate	Bulk
25 lb paper	Not Available	Not Available

MSDS

Material Safety Data Sheets are available from all Regional Sales Offices. The location of the nearest Sales Office can be found below.

Cabot Corporation

www.cabot-corp.com

Performance Comparison to Other Medium Color Pigment Blacks

