

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
como requisito parcial à obtenção do  
título de mestre em Engenharia de Petróleo

*SISTEMA INTELIGENTE  
PARA ELABORAR UM PROJETO DE PERFURAÇÃO  
DE UM POÇO DE PETRÓLEO*

Autor : Ademar Takashi Sato 83

Orientador : Armando Freitas da Rocha †

57/92

DEZEMBRO, 1992

Este exemplar corresponde a redação final  
da tese defendida por Ademar Takashi  
Sato e aprovada  
pela comissão julgadora em 17/12/1992.

Armando Freitas da Rocha  
ORIENTADOR



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

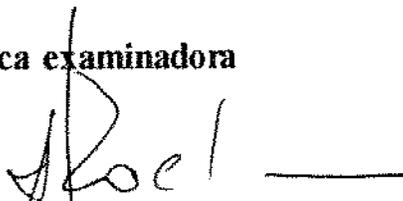
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO**

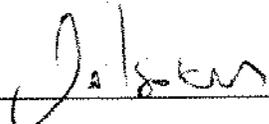
*A dissertação "SISTEMA INTELIGENTE PARA ELABORAR UM PROJETO DE PERFURAÇÃO DE UM POÇO DE PETRÓLEO", elaborada por ADEMAR TAKASHISATO e aprovada por todos os membros da banca examinadora foi aceita pela subcomissão de pós-graduação em engenharia de petróleo como requisito parcial à obtenção do título de mestre em engenharia de petróleo.*

*Campinas, 17 de Dezembro de 1992*

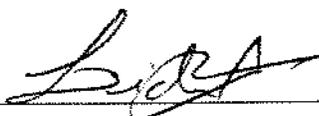
**Banca examinadora**



Armando Freitas da Rocha, Ph. D.



Celso Kazuyuki Morooka, Ph. D.



Lideniro Alegre, Ph. D.

Aos meus pais

À Elizabety

e

Às minhas filhas Livia e Camila

## *AGRADECIMENTOS*

Em especial ao Professor Armando Freitas da Rocha, pela introdução ao universo da Inteligência Artificial, e a dedicação e competência na preparação deste trabalho.

Ao Professor Ivan R. Guilherme, sempre pronto a aceitar e implementar sugestões no programa JARGÃO, largamente utilizado em parte do trabalho.

Ao Professor Celso Morooka pela colaboração.

Aos colegas, que durante o período deste mestrado, mostraram muita união, colaboração e amizade.

Aos colegas do DITEC/SEPRAC (Setor de Projetos e Acompanhamento) do Distrito de Perfuração do Sudeste - Macaé/RJ, que sempre que possível atenderam aos pedidos solicitados.

Ao Eng<sup>o</sup> Pedro Ueda Filho, pela amizade, solicitude e presteza.

Um carinho especial à minha esposa Elizabety, por permitir uma dedicação exclusiva ao mestrado.

## ÍNDICE

I -	INTRODUÇÃO	
I.1 -	Objetivos .....	1
I.2 -	Projeto de perfuração de um poço .....	4
I.2.1 -	Setores envolvidos em um projeto de perfuração .....	4
I.2.2 -	Passos para elaborar um projeto de perfuração .....	5
I.3 -	Configuração do poço e posicionamento das sapatas .....	8
I.3.1 -	Dados necessários para se encontrar o melhor posicionamento das sapatas .....	8
I.3.1.1 -	Formações previstas .....	8
I.3.1.2 -	Poços de correlação .....	9
I.3.1.3 -	Dados disponíveis nos BDPs que interessam dos poços de correlação .....	10
I.3.1.4 -	Outros dados de outras fontes .....	14
II -	ESQUEMA GERAL DA DISSERTAÇÃO	
II.1 -	Sistema Inteligente para Elaborar o Projeto de Perfuração - SIPROPER .....	17
II.2 -	Tratamento da Base de Dados .....	22
II.2.1 -	Os sistemas utilizados .....	22
II.2.2 -	Organização no KARDIC .....	22
II.2.3 -	Organização do BDP .....	24
II.2.4 -	Conversão dos BDPs em Pastas Kardic .....	26

II.3 - Síntese da Base de Dados .....	28
II.3.1 - O módulo Jargão .....	28
II.3.1.1 - Processamento do módulo Jargão .....	29
II.3.1.2 - Codificação .....	32
II.3.1.3 - Reprocessamento da Ficha recodificada .....	35
II.3.1.4 - Indexação .....	36
II.3.2 - Relatórios de Ocorrências .....	40
II.3.3 - Análise dos Relatórios de ocorrências .....	43
II.3.3.1 - Grafo de Repassamento .....	44
II.3.3.2 - Grafos de Embuchamento e Desmoronamento durante a manobra para troca de broca .....	49
II.3.4 - Relatório Final .....	52
II.3.4.1 - Armário de poços de correlação .....	53
II.4 - Grafo de Conhecimento - Poço de Correlação .....	57
II.4.1 - Evidências .....	57
II.4.2 - Navegação do Grafo de Conhecimento .....	66
II.4.3 - Quantidade de Poços de correlação para as análises .....	67
II.5 - Grafo para o posicionamento das sapatas dos revestimentos .....	71
II.5.1 - Evidências .....	71
II.5.2 - Navegação do Grafo .....	74
III - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....	77
- Referências Bibliográficas .....	80
- Apêndice A - Grafo de Conhecimento .....	85
- Apêndice B - Jargão -Um Ambiente Neural para o Processamento da Linguagem .....	98

## *LISTA DE FIGURAS*

I.2.1	-	Projeto de Perfuração .....	6
II.1.1	-	SIPROPER .....	18
II.1.2	-	O Processo da Síntese .....	21
II.2.1	-	Ficha 10 de uma Pasta da BDPK - Tempos e Operações .....	25
II.2.2	-	Ficha 11 - Continuação da Ficha anterior (mesma pasta) de Tempos e Operações .....	25
II.2.3	-	Parte Descritiva de um BDP no Sistema COBRA .....	27
II.3.1	-	Dicionário de Termos (.DIC) .....	33
II.3.2	-	Dicionário de Frases (.CLA) .....	34
II.3.3	-	Ficha Recodificada do Dicionário de Frases .....	36
II.3.4	-	Dicionário de Termos Recodificados .....	37
II.3.5	-	Dicionário de Idéias .....	38
II.3.6	-	Arquivo Codificado (.COD) .....	39
II.3.7	-	Arquivo Indexado (.INC) .....	39
II.3.8	-	Máscara do Relatório de Ocorrência .....	41
II.3.9	-	Relatório de Ocorrência Processado com o Relator .....	42
II.3.10	-	Grafo de Repassamento .....	45
II.3.11	-	Grafo de Embuchamento .....	50
II.3.12	-	Grafo de Desmoronamento .....	51
II.3.13	-	Ficha 01 - Dados de Poço - Armário - Poços de Correlação - Dados Referentes a 15 pastas (poços) .....	54
II.3.14	-	Ficha 02 - Topos de Formações - Armário - Poços de Correlação - Dados Referentes a 6 pastas (poços) .....	54
II.3.15	-	Ficha 03 - Ocorrências Anormais - Armário - Poços de Correlação - Dados Referentes a 1 pasta (poço) .....	54
II.3.16	-	Ficha 04 - Modificações no Projeto - Armário - Poços de Correlação - Dados Referentes a 1 pasta (poço) .....	54

II.4.1 - Grafo para Escolha de Poços de Correlação .....58

II.4.2 - Arquivo Indexado - ÓTIMO.INC .....67

## ***RESUMO***

O trabalho apresenta a proposta de um Sistema Inteligente para Elaborar um Projeto de Perfuração de um Poço de Petróleo, que engloba o tratamento da base de dados, grafo de conhecimento para a escolha de poços de correlação, e recomendações para o posicionamento das sapatas com um grafo de conhecimento. Para tanto foram utilizadas diversas teorias e técnicas dentro da Inteligência Artificial.

A aquisição do conhecimento de textos em linguagem natural, para a organização da base de dados utilizada, foi feita em um programa computacional, baseada em Redes Neurais Nebulosas e aprendizado evolutivo.

A estruturação em relatórios que sintetizam um aglomerado de informações da base de dados, compreende a noção de programação orientada por objetos, e a construção de diversos grafos de conhecimento.

A explicitação do conhecimento dos especialistas em Grafos de Conhecimento, que se baseiam em Redes Neurais Nebulosas, mostram-se adequados, devido a facilidade de se visualizar o problema em questão, e também da facilidade de se efetuar a manutenção (aprendizado evolutivo) de eventuais correções.

## ***SUMMARY***

The work presents a proposal of a Well Drilling Project Expert System, which includes database treatment, knowledge graph for correlation well choice, and recommendations for positioning casing shoes with a knowledge graph. Accordingly several Artificial Intelligence theories and techniques were used.

A fuzzy neural net based and self learning computer program was used for natural language text based knowledge acquisition.

Structuring reports that summarize several database information involves an object oriented programming approach and several knowledge graphs.

The experts knowledge explication through fuzzy neural nets based knowledge graphs are well-suited for modelling the problem in question and easing life cycle system maintenance through self learning techniques.

# SISTEMA INTELIGENTE PARA ELABORAR UM PROJETO DE PERFURAÇÃO DE UM POÇO DE PETRÓLEO

## *I - INTRODUÇÃO*

### *11 - OBJETIVOS*

Qual a motivação para se estudar um *sistema inteligente para a elaboração de um projeto de perfuração de um poço de petróleo?*

O sistema utilizado na elaboração de um projeto de perfuração de um poço de petróleo no *Distrito de Perfuração do Sudeste (DPSE/Macaé-RJ)*, se baseia principalmente na experiência adquirida por seus técnicos (engenheiros de perfuração e químicos de petróleo), que serão chamados neste trabalho genericamente de *especialistas*.

Os especialistas necessitam para elaborar o projeto de perfuração, de uma série de dados básicos que estão na maior parte, contidos em poços já perfurados, escolhidos como poços de correlação, tais como: ocorrências anormais, brocas utilizadas, fluido de perfuração, pressões de poro e fratura, litologia das formações perfuradas, etc.

A maior parte dos dados que os especialistas necessitam, se encontram nos *BDPs* (Boletim Diário de Perfuração), que estão arquivados em um sistema computacional arcaico e praticamente não utilizado.

Há uma grande dificuldade para se recuperar os dados armazenados desses arquivos computadorizados, desse modo para verificá-los, ainda são utilizadas as ultrapassadas fichas microfilmadas dos *BDPs* digitados, de difícil leitura, e com várias

incorreções. Quando da digitação dos BDPs, ocorrem muitas falhas, perdendo-se por vezes informações de difícil recuperação, tornando-os pouco confiáveis.

Por isso a melhor maneira de se conseguir estudar os poços de correlação, quando ainda disponíveis nos setores de operação, são os *BDPs* originais enviados pelo "fax simile" das plataformas, de preferência manuscritas pelo engenheiro responsável pelas operações da plataforma.

Outras fontes de consulta utilizadas pelos especialistas, são os perfis de acompanhamento, rendimento de brocas e "araras" quando disponíveis. Esses relatórios são elaborados pelo *SEPRAC* (Setor de Projetos e Acompanhamento), durante o acompanhamento da perfuração dos poços. Existem ainda relatórios como o *BTRC* (Boletim de Trabalho de Revestimento e Cimentação) e o Boletim de Fluido de Perfuração elaborados por seus respectivos setores (*SERCIM* e *SEFLUP*).

Ou seja, as consultas necessárias, no momento, são efetuadas quase que na totalidade, manualmente, e sempre individualizadas por poço, e os documentos se encontram muitas vezes, espalhados por diversos setores.

Na companhia é comum que o conhecimento adquirido pelos especialistas na elaboração de um projeto, que é um grupo restrito em cada setor, seja pouco conservado, muitas vezes se perdendo com o tempo.

A cada novo projeto, principalmente se o especialista que têm experiência em uma determinada área/campo for substituído, ou se a perfuração do último poço em um determinado campo ocorreu já há algum tempo, a pesquisa e a coleta desses dados, na maioria das vezes são refeitas integralmente.

Informações das ocorrências de qualquer natureza (boas ou ruins), na perfuração de alguns poços, que não sejam registradas, estando apenas guardadas na memória de uns poucos especialistas, muitas vezes não são consideradas no estudo do novo projeto.

Não documentar esse aprendizado e incorporá-lo a uma base de conhecimento é uma perda que pode se tornar irreversível.

A liberação da locação de um novo poço para a perfuração, na maioria das vezes

é feito poucos dias antes de se iniciá-lo, sendo muito comum o início das operações de perfuração sem que o projeto final esteja concluído.

Isso ocorre, muitas vezes, devido à necessidade de a Geologia/Produção analisar o poço recém concluído, e só então liberar a nova locação.

A conclusão é que somente com a experiência e o conhecimento adquirido pelos engenheiros especialistas, dos diversos setores, faz com que os projetos saiam com certa agilidade, e com boa margem de segurança e economia.

Organizar o aprendizado adquirido pelos especialistas, agregando-o a uma base de conhecimento, que deverá ser continuamente atualizado a cada poço perfurado e organizar uma base de dados de fácil acesso e manipulação, cuja manutenção seja feita durante a perfuração do poço recém projetado, é uma necessidade para que os novos projetos sejam agilizados e otimizados, sem que se percam fatos e dados relevantes ao estudo dos mesmos.

Montar um sistema inteligente, em que devem ser colocados todo o conhecimento dos especialistas, de como fazer um projeto de perfuração com segurança e economia, e que possa agregar os novos aprendizados que ocorram a cada novo poço perfurado, integrado a uma base de dados é o objetivo final dessa dissertação.

## ***1.2 - PROJETO DE PERFURAÇÃO DE UM POÇO***

Para a elaboração de um projeto de perfuração são considerados dois aspectos que são fundamentais: *segurança e economia*.

A *segurança*, na elaboração de um projeto de perfuração, está intimamente relacionada aos aspectos técnicos, que são levados em consideração, para se conseguir concluir um poço, sem colocar em risco o pessoal, a plataforma e os reservatórios.

Considerar a parte *econômica* na elaboração do projeto de um poço é uma necessidade devido aos altos custos envolvidos na perfuração. Projetar com economia, é estudar a melhor configuração para o poço, e assentar as sapatas dos revestimentos nas melhores posições, para a execução do mesmo no menor custo possível, e dentro de parâmetros exigidos para a análise e aproveitamento para o fim a qual se destina (ex: produtor de óleo e/ou gás, injeção de água, etc).

Como não poderia deixar de ser então, o objetivo de um projeto é permitir que a perfuração do poço seja efetuada considerando todos os aspectos de segurança, e todas as condições para o aproveitamento a que lhe foi destinado, e com a máxima economia possível.

### ***1.2.1 - Setores envolvidos em um projeto de perfuração***

No desenvolvimento do projeto de perfuração de um poço no *DPSE* (Distrito de Perfuração do Sudeste - Macaé - RJ), é envolvido um grupo de especialistas de todos os setores, que estão centrados na *DITEC* (Divisão Técnica), além de elementos da *DIPER* (Divisão de Perfuração) ligados ao *SOMAR* (Setor de Operações Marítimas) ao qual pertence a plataforma que irá perfurar o poço a ser projetado.

A Divisão Técnica engloba o *SEPRAC* (Setor de Projetos e Acompanhamento), o *SEPED* (Setor de Perfuração Direcional), o *SERCIM* (Setor de Revestimento e Cimentação) e o *SEFLUP* (Setor de Fluido de Perfuração).

O *SEPRAC* é o setor que coordena todo o processo no desenvolvimento do

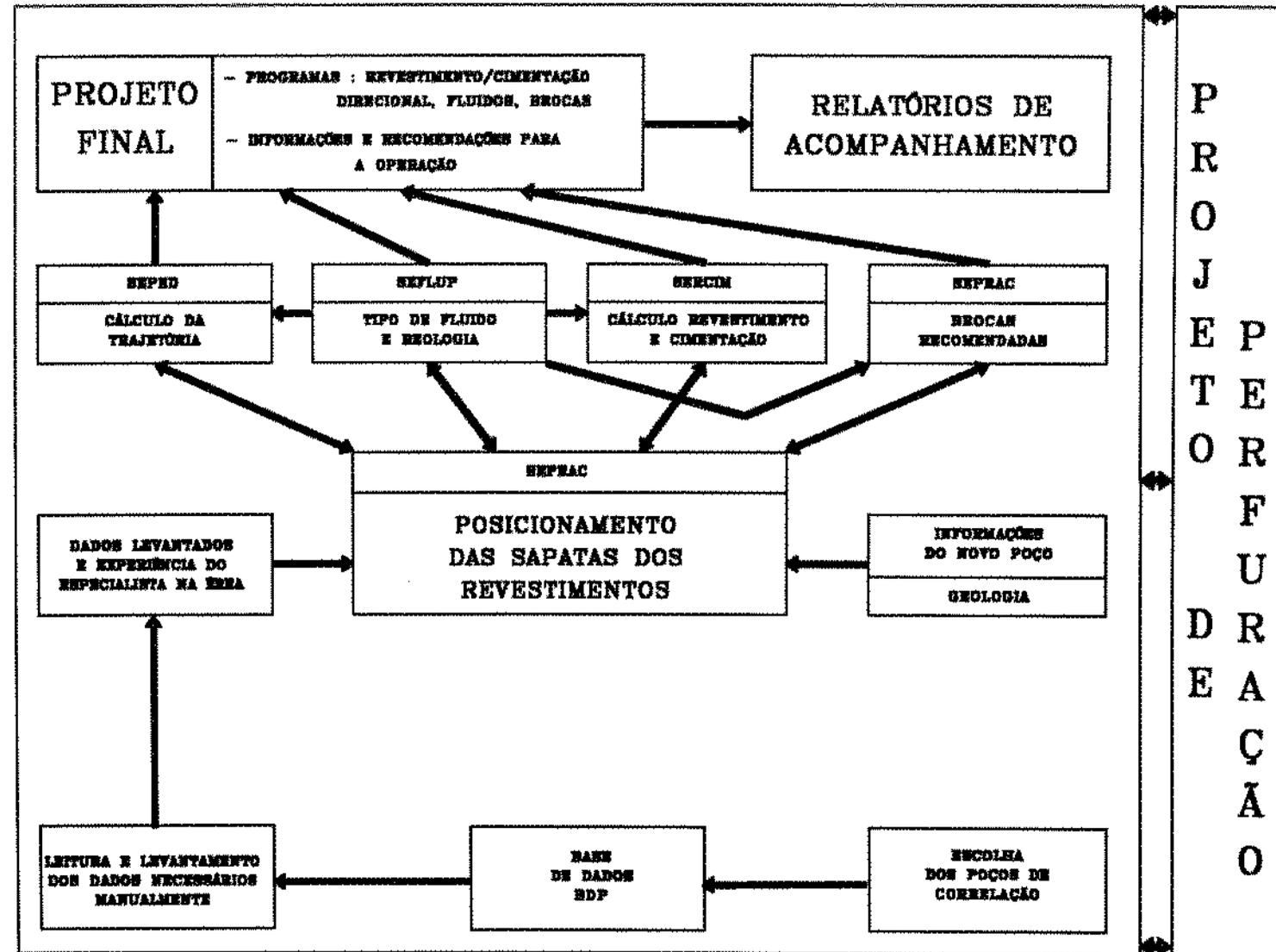
projeto, canalizando as informações, em que cada setor se encarrega da elaboração de programas específicos para o projeto final.

### ***1.2.2 - Passos para a elaboração de um projeto de perfuração***

A figura I.2.1, ilustra todo o processo envolvido na elaboração de um projeto de perfuração nos dias de hoje.

- 1 - O SEPRAC, determina a melhor configuração e as profundidades das sapatas dos revestimentos com as *informações recebidas da geologia e análise dos poços de correlação*.
  
- 2 - Se o poço é vertical, as profundidades verticais das sapatas e objetivos são passadas diretamente ao SEFLUP e SERCIM.  
Caso contrário, essas informações são fornecidas ao SEPED, que irá determinar a melhor trajetória para o poço direcional, calculando as respectivas profundidades medidas. Com essas informações o SEFLUP e o SERCIM, irão analisar a viabilidade técnica e econômica para os respectivos programas. Caso haja algum impedimento de ordem técnica, operacional ou material por qualquer um dos setores, é então estudada uma nova configuração e/ou modificado o posicionamento das sapatas. Esse processo deve ser interativo para se encontrar a melhor solução técnica e econômica.

Figura 12.1 - Projeto de Perfuração



- 3 - Após definido o posicionamento das sapatas, cada setor deverá elaborar um programa, estudando os problemas específicos de sua área de atuação.

O fluxo de informações entre os setores deve ser constante, já que muitas vezes a continuidade do projeto depende do estudo efetuado por outros setores.

O programa de fluido de perfuração, que fornece o tipo e a reologia adequada para cada fase, elaborado pelo SEFLUP, é sem dúvida o mais importante nesta fase, pois somente com essas informações o SERCIM poderá concluir o seu programa, e o SEPRAC poderá dar continuidade aos seus estudos.

- 4 - Com os dados fornecidos pelo SEFLUP, o SEPRAC elaborará o programa de brocas recomendadas.

Neste programa deverão constar os tipos de broca a serem usadas em cada fase, com as previsões das metragens a serem perfuradas e as taxas de penetração, os parâmetros mecânicos e hidráulicos, e a coluna de fundo (BHA) que deverão ser utilizadas por cada broca.

Para isso é muito importante analisar as brocas utilizadas em conjunto com a litologia perfurada nos poços de correlação.

- 5 - O projeto final, conterà um programa de perfuração com todas as informações básicas, tais como profundidades de cada fase e sapata, teste de absorção, teste de BOP, etc., além dos programas de fluido de perfuração, revestimento e cimentação, e brocas recomendadas, e diversas informações que a operação necessita para a execução desse programa com segurança.

### ***1.3 - CONFIGURAÇÃO DO POÇO E POSICIONAMENTO DAS SAPATAS***

Sem dúvida, encontrar a melhor configuração e o melhor posicionamento das sapatas levando em consideração segurança e economia, é a parte mais importante e de maior responsabilidade no projeto de perfuração, já que o programa como um todo gira em torno dessas informações.

A necessidade de um grande número de dados e informações que se interrelacionam e combinam, e saber pesquisar, coletar e manipulá-las, é um trabalho que requer um especialista com grande conhecimento da área/campo.

#### ***1.3.1 - Dados necessários para se encontrar o melhor posicionamento das sapatas***

##### ***1.3.1.1 - Formações Previstas***

As primeiras informações que são recebidas pela *PERFURAÇÃO* (SEPRAC/DPSE) para a perfuração de um novo poço são: coordenadas UTM da localização do poço, área ou campo, Lâmina d'água, Formações previstas, Topos das Formações/Membros previstos, Reservatórios como objetivo principal e secundário, e a Profundidade final. Estas informações são fornecidas pela *GEOLOGIA*.

Outras informações que podem e devem ser conseguidas com a *GEOLOGIA*:

existência de falhas, marcos (ex: pebbly, marco azul), pressões anormais, se existem formações com alguma litologia com alguma característica que podem causar ocorrências anormais (ex: carbonatos fraturados, domos salinos, etc.).

Também aqueles que podem ser considerados os melhores poços de correlação sob o ponto de vista geológico. Normalmente estes poços são utilizados como os melhores poços de correlações para todas as análises.

### ***1.3.1.2 - Poços de correlação***

#### ***1.3.1.2.1 - O que é um poço de correlação?***

Para o projeto de perfuração, poço de correlação é aquele poço já perfurado, que serve de comparação para o poço a ser perfurado, para uma série de análises.

Devido à semelhança na estrutura geológica em quase toda a Bacia de Campos, a maioria dos poços perfurados tem praticamente a mesma configuração. Podemos então considerar que a maioria dos poços pode ser considerado como correlação.

Mas com a experiência adquirida com os seguidos poços perfurados, sabemos que existem para um determinado poço a ser perfurado, aqueles que tem maiores afinidades, ou seja, existem diversos aspectos como a litologia, pressão da formação, etc., e outras evidências que determinam, que um determinado poço é melhor correlação que um outro.

#### ***1.3.1.2.2 - Importância dos poços de correlação***

A perfuração não é uma ciência exata, então o aprendizado se faz e continua a ser feito através dos acertos verificados, e principalmente dos erros cometidos, tanto no projeto de perfuração de um poço, bem como na execução do mesmo. A importância dos poços de correlação está na possibilidade de se poder identificar e estudar esses erros e

acertos.

A evolução dos projetos de perfuração dos poços, sempre ocorre através do acompanhamento e análise dos poços de correlação.

Através das análises feitas sobre os problemas e ocorrências anormais, podemos detectar qual a natureza dessas ocorrências, se de ordem operacional ou se de ordem técnica.

Por exemplo, se no poço de correlação ocorreu um pequeno influxo de gás durante a perfuração, que pode ser detectado tanto pela geologia, como pelo controle do fluido de perfuração, deve ser verificado se a ocorrência é de natureza operacional (ex: pistoneio), ou se é devido a uma ocorrência não prevista (ex: pressão anormal), ou mesmo a incorporação de cascalhos cortados de reservatórios de gás ao fluido. Como sabemos, esses pequenos cortes da lama por gás, podem levar a "kicks" e até "blow outs".

Detectada a natureza dessas ocorrências, pode ser estudada a necessidade de se modificar o projeto e/ou recomendar à operação cuidados para se evitar as ocorrências, que poderão trazer problemas, às vezes de difícil e cara solução.

### *1.3.1.3 - Dados disponíveis de interesse nos BDPs dos poços de correlação*

#### *a - Dados referente ao poço*

Localização, campo, lâmina d'água, topos das formações encontradas, profundidade final das fases, profundidade da sapata dos revestimentos, reservatórios, tipos de hidrocarbonetos.

*b - Ocorrência anormal*

Para o pessoal da perfuração, ocorrência anormal é tudo aquilo que é indesejável para se concluir o poço sem problemas.

Por isso é importante, saber distinguir as ocorrências anormais, se de ordem operacional ou se inerente ao local em que se está perfurando.

Por exemplo, perda de circulação, pode ocorrer:

- 1 - Por indução através de pistoneio.
- 2 - Por utilizar fluido de perfuração com peso acima da pressão de fratura.
- 3 - Devido à litologia fraturada do local.
- 4 - Devido a uma combinação dos fatores acima citados.

Nesse exemplo, vemos diversas possibilidades de como pode ocorrer uma perda de circulação, cujos tratamentos e procedimentos poderão ser diferentes, ficando evidente a necessidade de se identificar com clareza a natureza do problema.

Para o pistoneio, deve ser dado apenas recomendações à operação. Mas no caso do peso excessivo do fluido, é necessário verificar se há a necessidade desse peso excessivo ou se esse peso excessivo é devido à falta de controle durante a operação.

São procedimentos e atitudes diferentes que deverão ser tomados e estudados.

Esse exemplo foi citado para dar uma pequena amostra da importância das análises das ocorrências anormais e os indicativos que nos dão, possibilitando encontrar uma medida que possa solucionar o problema.

*c - Tipos de fluido de perfuração de cada fase e suas respectivas reologia.*

Há uma brincadeira que se faz com os responsáveis pelo fluido de perfuração, em que quando ocorre algum problema no poço, esse problema é sempre atribuído ao fluido de perfuração. Apesar de nem sempre ser verdade, durante a perfuração uma das primeiras providências é verificar se o fluido está com a reologia dentro dos parâmetros desejados. Isso mostra a importância do fluido de perfuração, principalmente devido às suas múltiplas funções na perfuração de um poço.

Praticamente em todas as análises de problemas dos poços, é necessário verificar se o fluido de perfuração teve alguma influência na ocorrência desses problemas, ou devido ao tipo de fluido ou aos parâmetros inadequados utilizados.

*d - Brocas utilizadas com todos os parâmetros hidráulicos e mecânicos.*

Em todas as atividades econômicas se diz que tempo é dinheiro, e recomendar a broca mais adequada para cada litologia e profundidade, reflete exatamente essa frase.

A escolha inadequada de uma broca traz problemas, que normalmente são de natureza operacional. Escolher uma broca errada, significa na maioria das vezes perda de tempo e perda material, no mínimo com uma manobra prematura de troca de broca, ou no caso mais extremo podendo ocorrer pescaria, às vezes sem êxito, com necessidade de até desviar o poço. Quando o problema é devido somente à broca, este é caracterizado com certa facilidade.

Basicamente existem três tipos de brocas, classificadas de acordo com a sua estrutura cortante: dentes de aço, insertos de tungstênio e as diamantadas (naturais ou de PDC). Cada tipo têm diversos modelos que são diferenciadas pelo tipo de rolamento ou a ausência do mesmo, proteção do calibre, etc., que estão constantemente sendo modificados ou melhorados tecnologicamente.

Com a experiência adquirida, e o conhecimento dos campos, para cada formação/litologia, já se têm a idéia do tipo/modelo de broca mais adequado. Mas a

única maneira de se ter certeza que a broca escolhida é a mais indicada, e se comportará da maneira desejada, é experimentando, já que a mesma litologia para campos diferentes muitas vezes apresentam peculiaridades que os diferenciam.

Para cada litologia, diâmetro do poço e profundidade, podemos indicar qual ou quais os tipos e modelos que melhor se adequam ao campo, analisando as brocas utilizadas nos poços de correlação. Com o desempenho obtido por essas brocas, devemos fazer uma análise econômica, para obter aquela que nos fornece o menor custo métrico.

*e - Litologia encontrada*

À medida que a perfuração de um poço avança, as rochas perfuradas (casalhos) que são carregadas pelo fluido de perfuração, são analisadas. Caso o poço a ser projetado tenha bons poços de correlação, pode-se saber com um bom grau de precisão a litologia a ser perfurada. Para o projeto isso é muito importante, já que diversas decisões para o mesmo depende dessas informações tais como: escolha do tipo e a reologia do fluido de perfuração, escolha do tipo de broca, o posicionamento das sapatas dos revestimentos, etc.

*f - Composição da coluna de fundo (BHA - Bottom Hole Assembly)*

É importante se saber os BHA's utilizados, se possível com os calibres dos estabilizadores (STB's). Em geral quando se analisa os problemas que ocorrem devido à broca, deve se analisar também, a composição dos BHA's.

*g - Inclinação e direção*

Em poços verticais, deve-se investigar uma inclinação muito alta (acima de 5 graus), que é indesejável. Pode ser causado pela inclinação da formação ou por algum

problema operacional, que está relacionado com os parâmetros mecânicos e/ou ao BHA inadequados utilizados na perfuração.

#### *1.3.1.4 - Outros dados disponíveis de outras fontes*

##### *a - Perfilagem*

A perfilagem é uma operação, efetuada normalmente pela GEOLOGIA, feita com ferramentas especiais, para obter informações das formações atravessadas pela perfuração.

Os perfis analisados fornecem uma série de informações como: porosidade, densidade, presença ou ausência de hidrocarbonetos, etc. Esses dados são muito importantes para a tomada de decisão no posicionamento das sapatas, escolha das brocas, etc.

##### *b - Teste de produção*

O teste de produção efetuado logo após a perfuração, fornece a pressão de formação do reservatório. Normalmente os testes de produção são feitos em poços pioneiros, que é quando se obtém a pressão original do reservatório.

##### *c - Pressão de formação do reservatório em produção*

À medida que os poços de um campo vão sendo produzidos, os reservatórios vão se depletando, diminuindo a pressão original, que pode trazer diversas dificuldades à perfuração.

Por exemplo, usando peso do fluido de perfuração alto, pode-se ter uma prisão

por diferença de pressão (pressão diferencial), e por outro lado utilizando peso de lama baixo, poderão ocorrer desmoronamentos nas formações superiores.

*d - Pressões de poro e fratura*

No início dos estudos para o desenvolvimento desta dissertação, foi exposto em forma de palestras, a leigos em perfuração como se elaborava um projeto de perfuração. Durante a exposição foi enfatizada a necessidade do conhecimento dos dados de pressões de poro e fratura, para o desenvolvimento do projeto. Porém, foi ressaltado que esses dados nunca estão disponíveis com a confiança necessária, para suportar as decisões importantes a serem tomadas na elaboração do projeto de perfuração.

Foi relatado que existe na companhia, um programa para a determinação das pressões de poro/fratura, que dá indicativos do comportamento das curvas das *pressões x profundidade*, dos poços já perfurados, só que obtidas com uma certa dificuldade, e como citado anteriormente, com uma dose restrita de confiabilidade.

Com os dados de pressões de poro e de fratura das formações do poço a ser perfurado, foi mostrado que poderiam ser determinadas com muita precisão as profundidades de assentamento das sapatas e o peso do fluido de perfuração ideal para se tentar evitar todas as ocorrências anormais.

Com essa exposição, surgiu uma dúvida nos presentes, de como são então elaborados os projetos, se não se dispõe de informações tão importantes, com um bom grau de confiança. Foi respondido que para contornar esse problema, o especialista se apoia principalmente na análise de poços perfurados na área/campo, que o especialista escolhe dentre os melhores como poços de correlação.

Nessas discussões iniciais, ficou claro então, que a inexistência de dados confiáveis de pressões de poro e fratura é que justifica em grande parte o desenvolvimento de um sistema inteligente para a elaboração do projeto de perfuração, que se baseia exatamente na aquisição de conhecimento, integrada a uma boa base de

dados.

À medida que os poços na área/campo são perfurados, maiores informações são obtidas a respeito das pressões, e o grau de confiança nos dados encontrados se torna cada vez maior, constituindo-se num caso típico de "case base reasoning".

## **II - ESQUEMA GERAL DA DISSERTAÇÃO**

### **II.1 - SISTEMA INTELIGENTE PARA ELABORAR O PROJETO DE PERFURAÇÃO - SIPROPER**

A idéia inicial desta dissertação, era a de construir apenas um *sistema especialista* para o posicionamento das sapatas dos revestimentos, utilizando os conhecimentos de *Inteligência Artificial (IA)*.

O conhecimento a ser utilizado pelo sistema, seria fornecido por especialistas da Petrobrás e pela análise dos BDPs. Este conhecimento seria utilizado para a construção de grafos de conhecimento (vide Apêndice A).

A navegação desses grafos, poderiam ser implementadas em algum sistema ("SHELL"), que utilizasse a programação por objetos e possibilitasse o raciocínio não-monotônico, tal como o "NEXPERT OBJECT" da "Neuron Data, Inc.", ou então caso isso não fosse possível, poderia ser programada em *linguagem "C"*.

A dificuldade encontrada para a aquisição do conhecimento, utilizando a base de dados representada pelos BDPs, ampliou o esquema geral da dissertação, que se tornou muito mais complexo, envolvendo desde o tratamento inicial dessa base, geração de grafos de conhecimento para reconhecimento das causas dos problemas nas operações de perfuração, etc., até a construção de um grafo de conhecimento para o posicionamento das sapatas dos revestimentos, utilizando para tanto diversas teorias e técnicas dentro da *Inteligência Artificial*. Além disso, verifica-se a possibilidade do projeto se ampliar no futuro, e envolver outras atividades na elaboração do projeto de perfuração.

O sistema como um todo vai ser denominado de **SIPROPER - SISTEMA INTELIGENTE PARA ELABORAR UM PROJETO DE PERFURAÇÃO**, mostrado na Fig. II.1.1.



A figura II.1.1, mostra as diversas etapas no desenvolvimento do projeto, bem como os diversos módulos do sistema a serem desenvolvidos e as informações necessárias para a conclusão do projeto final. Além disso, mostra as possíveis direções para outros desenvolvimentos futuros.

Para o desenvolvimento da presente dissertação vai ser utilizado o *SISTEMA KARDS* desenvolvido por A. F. Rocha<sup>[R11]</sup> que é um programa integrado constituído de diversos *módulos*: *KARDIC* (*base de dados*), *KARDPLAN* (*planilha*), *KARDTEX* (*processador de textos*), *JARGÃO* (*análise da linguagem natural*), *RELATOR* (*processador de relatórios*) e *QUEST* (*navegador de grafos*), construído com a noção de *Programação Orientada por Objetos (POO)*, *lógica nebulosa e redes neurais*.

A primeira etapa de processamento do *SIPROPER*, é o tratamento da base de dados (vide seção II.2), em que os arquivos contendo os BDPs, são convertidos para a estrutura de arquivo do *SISTEMA KARDS*, utilizado no presente trabalho. Esta nova base de dados é aqui chamada *BDPK*.

Na etapa seguinte, o módulo *JARGÃO* (vide seção II.3.1), é utilizado para construir dicionários sobre termos técnicos utilizados na *BDPK* e para indexar a base de dados, que constitui o *processo de consolidação*. Com o auxílio do módulo *RELATOR*, são construídos os relatórios de ocorrências, com todas as evidências disponíveis na *BDPK* para se diagnosticar as possíveis causas dos problemas operacionais, em um *processo denominado de filtragem*.

Utiliza-se então, vários grafos de conhecimento, para detectar as possíveis causas destas ocorrências anormais (vide seção II.3.6), a partir tanto das informações contidas nos relatórios de ocorrências, quanto dos dados fornecidos pelo usuário. O resultado deste *processo* aqui chamado *de análise*, é o relatório final sobre o poço perfurado. Estes relatórios compõem a base de dados denominada de *Poços de Correlação*.

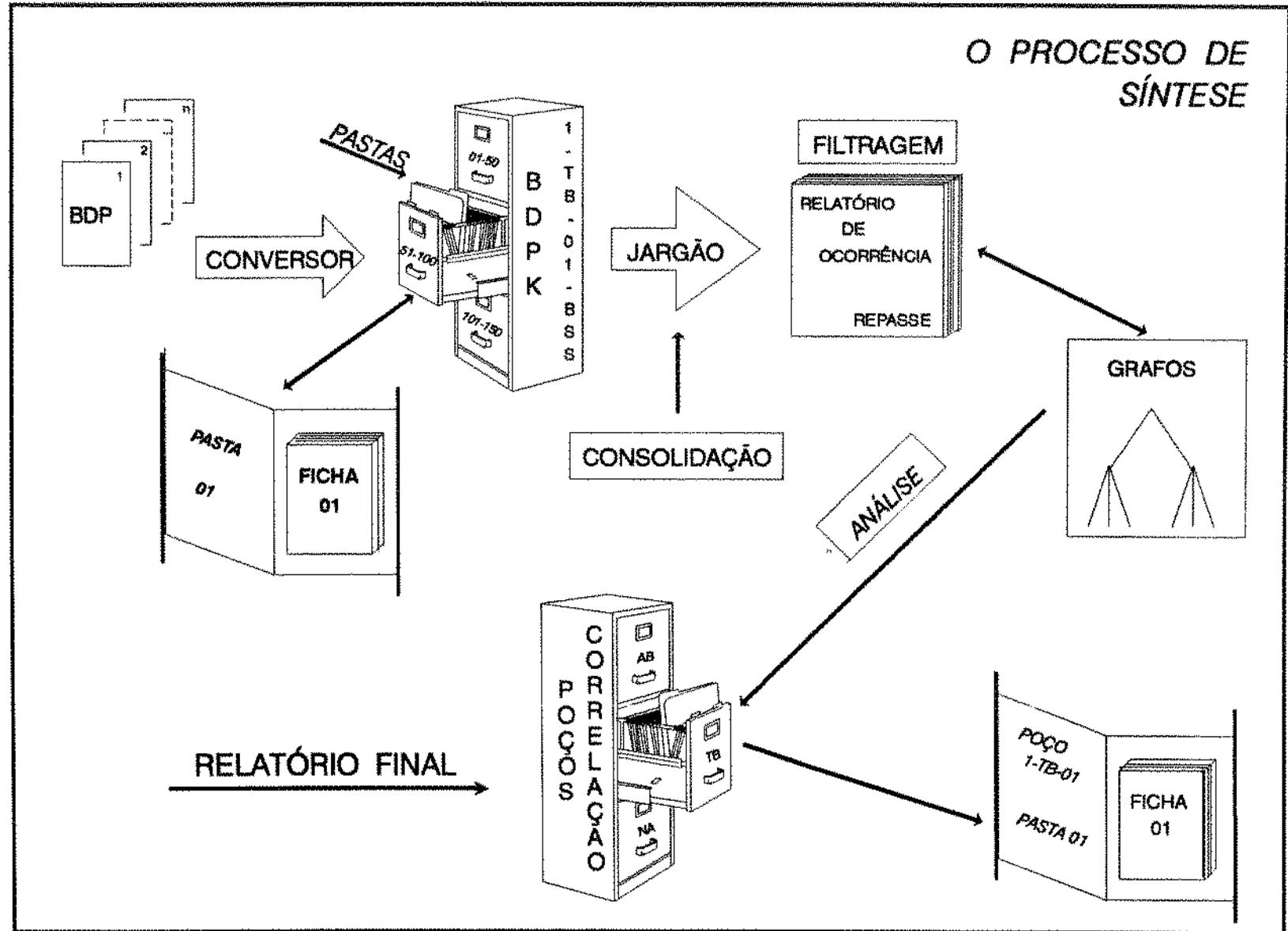
A Fig. II.1.2 mostra o processo de síntese que será efetuado na base de dados.

Para a escolha dos poços de correlação que podem fornecer dados para a elaboração do projeto (vide seção II.4), utiliza-se um grafo de conhecimento , e para navegá-lo, processa-se os dados sobre o novo poço e as informações contidas no relatório final dos poços perfurados.

Finalmente, o posicionamento das sapatas dos revestimentos (vide seção II.5), é decidido com o auxílio de outro grafo de conhecimento, cuja navegação é orientada pelos dados do novo poço e dos melhores poços de correlação.

A implementação e navegação de todos os grafos são realizados no módulo QUEST.

Figura II.1.2 - O Processo de Síntese



## **II.2 - TRATAMENTO DA BASE DE DADOS**

### **II.2.1 - Os sistemas utilizados**

Para a construção de um Sistema Inteligente na elaboração de um Projeto de Perfuração de um Poço de Petróleo, é necessário se ter uma base de conhecimento, para a construção dos grafos de conhecimento.

Para se obter uma parte dessa base de conhecimento, utilizou-se os BDPs de poços perfurados, digitados e arquivados no sistema COBRA da Petrobrás, em nada semelhante a um banco de dados, planilha de cálculo ou mesmo a um texto inteligível à primeira vista.

Com a proposta de se utilizar os módulos, JARGÃO para a interpretação e análise de textos, RELATOR para obter os dados para os relatórios a serem criados, QUEST para a navegação dos grafos de conhecimento, que utilizam a estrutura de dados das FICHAS do sistema KARDS, se fez necessário o desenvolvimento de um programa de conversão de dados.

### **II.2.2 - Organização do KARDIC**

A organização da base de dados BDPK no sistema KARDS foi feita da seguinte forma:

- a - **ARMÁRIO:** os dados de cada poço é armazenado em um armário KARDS.
- b - **GAVETAS:** as informações diárias sobre as atividades de perfuração, são distribuídas sequencialmente pelas gavetas deste armário.

- c - *PASTAS*: Cada pasta contém todas as informações sobre as atividades realizadas em um dia de perfuração. O número de pastas em um armário variará em função do número de dias em atividade de perfuração.
- d - *FICHAS*: Contém informações específicas sobre as atividades de perfuração que vão constar em cada pasta (vide Fig. II.2.1 e Fig. 2.2).

Foram criadas 14 fichas:

- Ficha 1* - *BDP* - Ficha chamada de cabeceira, já que contém a informação para a indexação primária, que no caso é o número do BDP. Esta ficha também contém dados gerais a respeito do poço perfurado, tais como: Nome do Poço, Data, Profundidade 00:00 hs, Metragem Perfurada no dia, etc.
- Ficha 2 e 3* - *Lama 1 e Lama 2* - Fichas planilha, com todas as informações contidas no BDP, sobre o fluido de perfuração.
- Ficha 4, 5 e 6* - *Broca 1, Broca 2, Broca3* - Fichas planilha com todas as informações contidas no BDP, e mais algumas informações necessárias, como por exemplo taxa de penetração.
- Ficha 7, 8, e 9* - *Geologia 1, Geologia 2, Geologia 3* - Fichas planilha com todas as informações contidas no BDP, da litologia e sua respectiva profundidade e as formações encontradas.

- Ficha 10, 11 e 12 - Tempos 1, Tempos 2, Tempos 3 - Fichas Texto, contendo a descrição das operações diárias durante a perfuração de um poço (Vide Fig. II.2.1 e Fig. II.2.2).*
- Ficha 13 - Inclinações - Ficha Planilha com as profundidades, direção e inclinação contidas em cada BDP*
- Ficha 14 - BHA - Ficha texto, com os BHAs (Bottom Hole Assembly) contidos em cada BDP.*

### **II.2.3 - Organização do BDP**

A base de dados dos BDPs implementada no sistema COBRA, é composta por quatro estruturas:

- 1 - **CABEÇALHO** - Que contém as informações gerais do poço, como nome do poço, lâmina d'água, etc.
- 2 - **PERÍODO** - São blocos de repetição. Existem tantos blocos quantos forem os períodos do poço: DTM, FASES, TC, OUTROS.  
Estes blocos contêm informações tais como: Código da Atividade, Data de Início do poço, Data do Fim do poço, Diâmetro da Fase, etc.
- 3 - **AVANÇOS** - São blocos de repetição. Existem tantos blocos quantos forem os dias com avanço no poço.  
Estes blocos contêm as seguintes informações: Profundidade, Avanço, Horas de Avanço, Diâmetro da broca, número do BDP.

BDP - 17^»

11:30 ZXZ3AA PERFURANDO DE 2031M A 2112M ORA SEM  
 RETORNO, ORA C/ RETORNO DE 5 A 10%.^» 02:00 ZXZ3FC  
 CIRCULANDO P/ MANOBRA CURTA.^» 00:30 ZXZ3FC INJETANDO  
 150BBL DE LINHA VISCOSA E 600BBL DE LAMA DE 9,5PP^»  
 01:00 ZXZ3FB RETIRANDO COLUNA SEM DRAGS ATE 1780M ONDE  
 HOUE AMEACA DE PRISAO C/ 60 TON DE DRAG.^»  
 01:00 ZXZ3FF CONECTANDO KELLY E TRABALHANDO PONTO C/  
 CIRCULACAO. INJETANDO 260BBL DE LAMA VISCOSA.^»  
 03:00 ZXZ3FB RETIRANDO COLUNA ATE SAPATA DO  
 REVESTIMENTO DE 20" C/DRAGS NOS SEG  
 INT(1613-1556M)20TON(1528-1499M)35TON(1385-1330M)10^»  
 01:30 ZXZ3FB CHECANDO NIVEL ESTATICO ESTABILIZADO EM 25M  
 MONTANDO SECAO DE HW E ENROSC REDUCAO DA CABECA DE  
 CIMENTACAO E ESTALEIR.^» (CONT)^» \*

**Figura II.2.1 - Ficha 10 de uma pasta da BDPK - Tempos e Operações**

01:30 ZXZ3FB DESCENDO COLUNA LIVRE, TOPANDO A 1334M.^»  
 01:00 ZXZ3FF REPASSANDO DE 1330M A 1353M C/0/9000LB 80 RPM.^»  
 00:30 ZXZ3FB DESCENDO COLUNA TOPANDO A 1543M.^» 00:30  
 ZXZ3FF REPASSANDO DE 1537M A 1555M COM 0/9000LB 80 RPM.^»\*

**Figura II.2.2 - Ficha 11 - Continuação da ficha anterior (mesma pasta) de Tempos e Operações**

4 - BDPs -

São blocos de repetição. Existem tantos blocos quantos forem os BDPs do poço.

Estes blocos, contêm as atividades diárias de uma sonda, com uma série de informações sobre: fluido de perfuração, broca, geologia, inclinação, BHA, descrição das operações, etc.

#### *II.2.4 - Conversão dos BDPs em pastas do KARDIC*

Foi desenvolvido, em linguagem "C", um programa de conversão da base de dados dos BDPs do sistema "COBRA", para a estrutura de fichas do sistema KARDS (BDPK). Um programa que a primeira vista seria simples e rapidamente executável, se tornou bastante complicado, haja vista a estrutura da base de dados dos BDPs, que em nada auxilia para a conversão em qualquer outro tipo de estrutura.

As maiores dificuldades foram observadas, na transformação da descrição das operações, em ficha texto, já que na base de dados dos BDPs, não existe nenhuma padronização na separação silábica, principalmente por falhas na sua digitação, e os textos descritivos das operações, quando muito extensos, se apresentam sem continuidade.

A Fig. II.2.3 mostra apenas a parte descritiva de um BDP, onde pode-se notar erros de digitação (grafia e palavra), abreviaturas de difícil entendimento quando fora do contexto, separação silábica inconsistente e diversas palavras amontoadas formando apenas uma "string" ( Exemplos: palavras sublinhadas).

008511:30  
 00863AA  
 0087PERFURANDO DE 2031M A 2112M ORA SEM RETORNO, ORA COM RETOR  
 0122NO DE 5 A 10%.  
 008502:00  
 00863FC  
 0087CIRULANDO P/ MANOBRA CURTA.  
 008500:30  
 00863FC  
 0087INJETANDO 150BBL DE LINHA VISCOSA E 600BBL DE LAMA DE 9,5PPG  
 008501:00  
 00863FB  
 0087RETIRANDO COLUNA SEM DRAGS ATE 1780M ONDE HOUE AMEACA DE  
 0122PRISAO C/ 60 TON DE DRAG.  
 008501:00  
 00863FF  
 0087CONECTANDO KELLY E TRABALHANDO PONTO C/ CIRCULACAO. INJETAN-  
 0122DO 260BBL DE LAMA VISCOSA.  
 008503:00  
 00863FB  
 0087RETIRANDO COLUNA ATE SAPATA DO REVESTIMENTO DE 20" C/DRAGS  
 0122NOS SEG INT(1613-1556M)20TON(1528-1499M)35TON(1385-1330M)10T  
 008501:30  
 00863FB  
 0087CHECANDO NIVEL ESTATICO ESTABILIZADO EM 25M MONTANDO SECAO  
 0122DE HW E ENROSC REDUCAO DA CABECA DE CIMENTACAO E ESTALEIR.  
 008501:30  
 00863FB  
 0087DESCENDO COLUNA LIVRE, TOPANDO A 1334M.  
 008501:00  
 00863FF  
 0087REPASSANDO DE 1330M A 1353M C/0/9000LB 80 RPM.  
 008500:30  
 00863FB  
 0087DESCENDO COLUNA TOPANDO A 1543M.  
 008500:30  
 00863FF  
 0087REPASSANDO DE 1537M A 1555M COM 0/9000LB 80 RPM.

**Figura II.2.3 - Parte descritiva de um BDP no sistema COBRA**

## *II.3 - SÍNTESE DA BASE DE DADOS*

### *II.3.1 - O Módulo JARGÃO*

O *JARGÃO* (*vide Apêndice B*) é um sistema de Redes Neurais Nebulosas para a aquisição de conhecimento em bases de dados de contextos especializados, escritas em linguagem natural. Deste modo, sua competência é dependente do grau da restrição da semântica destes ambientes especializados, e o poder do *JARGÃO* como um extrator de conhecimento está bem relacionado com o fechamento (especialização) do ambiente investigado.

A indústria de extração de petróleo dentro de um contexto global, é um setor altamente especializado, e a perfuração dos poços de petróleo é um pequeno universo desse todo, que utiliza uma linguagem bem característica. A semântica que é empregada nesse contexto é bem especializada. Nos BDPs, onde estão descritas as operações realizadas durante o dia em uma plataforma de perfuração, é utilizada uma linguagem ainda mais especializada, tornando o sistema ainda mais fechado.

O BDP é o único arquivo de dados da perfuração disponível na companhia, que é arquivado eletronicamente com regularidade, há mais de uma década. Nestes documentos, estão contidas todas as informações das atividades efetuadas em uma plataforma de perfuração, referentes às operações diárias na perfuração de um poço. Portanto, estes relatórios deveriam conter a maior parte do conhecimento necessário para auxiliar na montagem de um sistema especialista para o posicionamento das sapatas dos revestimentos.

A utilização do *JARGÃO* foi feita com sucesso pelo engenheiro K. Miura, em sua dissertação "Um Método para Aquisição e Representação de Conhecimento sobre Procedimentos Operacionais em Serviço de Completação de Poços Marítimos"<sup>[23]</sup>, para a

a aquisição de conhecimento a partir dos BDCAs (Boletim Diário de Completação e Avaliação) para a montagem dos grafos para a tomada de decisão nesta atividade. Assim a mesma estratégia foi utilizada para a extração de parte do conhecimento para a elaboração dos grafos de tomada de decisão para detectar as causas das ocorrências anormais durante a perfuração.

Pretendeu-se obter, nesta etapa, os padrões de procedimentos e as ocorrências anormais durante as operações de perfuração e conseguiu-se um relativo sucesso. Porém, observou-se que esses resultados não forneciam todo o conhecimento necessário para o objetivo final da dissertação, pois os BDPs, deixam de fornecer uma série de dados ou evidências, principalmente para se detectar as causas das ocorrências anormais.

### *II.3.1.1 - Processamento do Módulo JARGÃO*

Para a análise e obtenção do conhecimento pelo programa *JARGÃO*, foram tomadas as descrições de tempos e operações de quatro poços perfurados pela Companhia na Bacia de Santos.

A primeira etapa da análise, consistiu na obtenção do dicionário de termos básicos utilizado na descrição das operações (vide Fig. II.2.1 e Fig. II.2.2). Para a elaboração deste dicionário, o *JARGÃO* procura as palavras frequentes nestes textos e permite ao usuário selecionar aquelas de maior significado para a tarefa em análise. Com o auxílio deste dicionário, o *JARGÃO* busca as frases frequentes nos textos em análise, e novamente permite ao usuário uma seleção das idéias mais significativas. Conseguiu-se dessa maneira, encontrar uma série de frases e idéias, que estavam dentro do contexto de um padrão de perfuração, e que descrevem as atividades rotineiras ou as ocorrências anormais.

A idéia de se procurar o padrão de perfuração, utilizando o *JARGÃO* partiu do princípio que o programa, procura as palavras de maior entropia, ou seja aquelas palavras que tenham maior significado para o entendimento do texto, e conhecido esse padrão,

distingui-lo das operações fora do mesmo.

Por exemplo, nesta primeira etapa do trabalho, foi constatado que as palavras de maior frequência eram COLUNA, PERFURANDO, RETIRANDO, DESCENDO, o que era de se esperar, já que são operações normais e normalmente as mais frequentes durante as operações de perfuração.

Como neste caso a semântica é um sistema extremamente fechado, sabe-se que apenas uma palavra já nos dá a idéia do que está se querendo dizer, como exemplo a palavra PERFURANDO, que para qualquer especialista em perfuração, tem sentido por si só.

Definindo algumas palavras deste dicionário tais como:

PERFURANDO, RETIRANDO, DESCENDO como "*VERBO*", e palavras tais como COLUNA como "*COMPLEMENTO*", o processamento dos textos pode localizar, combinações dessas palavras, que compõem frases tais como:

PERFURANDO

RETIRANDO COLUNA

DESCENDO COLUNA

Normalmente, estas frases podem ter mais de um complemento, e desde que estes apareçam no dicionário, pode-se melhorar o entendimento das frases. Assim, se termos tais como: DIFICULDADE, TROCAR\_SUBSTITUIR (sinônimos), BROCA, aparecerem no dicionário básico de termos, porque sua frequência nos textos estão acima de um limiar de corte, pode-se eventualmente encontrar frases do tipo:

PERFURANDO COM DIFICULDADE

RETIRANDO COLUNA PARA TROCAR\_SUBSTITUIR BROCA

**DESCENDO COLUNA APOS TROCAR\_SUBSTITUIR BROCA**

Nota-se que com apenas 6 palavras, um especialista consegue exprimir perfeitamente algumas das operações mais frequentes da perfuração. Essas frases constituem o dicionário de frases (.CLA).

Se essas frases fossem recodificadas, e feito o processamento, pode se encontrar combinações de diversas sentenças que podem descrever padrões de atividade ou de anormalidade.

Como exemplos destes padrões pode-se citar:

**PERFURANDO, RETIRANDO COLUNA.**

**PERFURANDO, RETIRANDO COLUNA E DESCENDO COLUNA.**

**PERFURANDO, RETIRANDO COLUNA PARA TROCAR BROCA.**

**PERFURANDO, RETIRANDO COLUNA E DESCENDO COLUNA APOS TROCAR BROCA**

**DESCENDO COLUNA, PERFURANDO E RETIRANDO COLUNA**

**RETIRANDO COLUNA PARA TROCAR BROCA, DESCENDO COLUNA E PERFURANDO COM DIFICULDADE.**

**ETC.**

Após esta etapa inicial, em que foram encontrados os dicionários básicos de termos para cada poço, juntou-se todos estes arquivos individuais em um dicionário global para todos os poços e refez-se o processamento de cada poço individualmente. O processamento com o dicionário global, foi também efetuado com a reunião de todos os

poços analisados em apenas um armário KARDS.

Os resultados encontrados com estas diferentes estratégias, foram praticamente os mesmos. Isso era de se esperar já que os padrões na operação de perfuração são os mesmos, principalmente se os poços analisados se correlacionam.

Procurando detalhar ainda mais as atividades, os dados sobre o poço foram separados nas diversas fases, segundo o critério do diâmetro do poço, para restringir ainda mais o universo do discurso. Este procedimento permitiu a inclusão de novas palavras nos dicionários anteriores, que estão estreitamente ligadas às atividades inerentes a cada fase.

Finalmente, a BDPK foi reanalisada de acordo com uma granularidade mais específica, definida em cada fase e subdivida em subfases de: *PERFURAÇÃO*, *REVESTIMENTO* e *CIMENTAÇÃO*, e *PERFILAGEM* para cada diâmetro de poço, fechando ainda mais a semântica de cada sistema. As ocorrências anormais, que anteriormente quando eram menos frequentes e não apareciam nos dicionários de termos, foram então detectadas. Pode-se então construir *dicionários "padrão"* (vide fig II.3.1) para cada fase ou subfase de cada diâmetro de poço.

#### **II.3.1.2 - Codificação**

Encontrado o Dicionário de Frases (vide fig. II.3.2), o *JARGÃO* utiliza este dicionário para reescrever a base de dados em outras fichas do sistema KARDS. Para isso, identifica em cada pasta, as frases existentes, e se escreve nas Fichas de Recodificação (vide fig. II.3.3), o código interno destas frases.

PERFURAN\_PERF\_PERF PERFURANDO||£c| 54  
 RETOR\_RETORNO||£vc| 42  
 SEM\_SEM\_S/\_S/\_SEM||£c| 42  
 LAMA\_FLUID\_LAMA||£c| 37  
 AGUA\_H2O\_AGUA||£c| 34  
 CIRCULAN\_CIRC\_CIRC CIRCUL\_CIRCULANDO||£c| 33  
 MAR\_MAR||£c| 31  
 CONTROL\_CONTROLADA||£vc| 29  
 INJ\_INJETANDO||£c| 28  
 COLUNA\_COL\_COL COLUNA||£c| 25  
 TAXA\_TX\_TAXA||£c| 24  
 VISCOS\_VISC\_VISC VISCOSA\_VISCOSO||£c| 20  
 TAMPAO\_TP\_TAMPAO||£vc| 19  
 RETIRAN\_RET\_RET RETIRANDO||£c| 17  
 PERDA\_PERDA||£vc| 17  
 BOMBA\_B1\_B2\_BOMBA||£c| 17  
 REPAS\_REPASSANDO||£vc| 17  
 CONEX\_CONEXOES\_CONEXOES\_CONEXAO||£c| 16  
 DESCEN\_DESC\_DESC DESCENDO||£c| 15  
 REPARA\_REPARA||£vc| 13  
 SAPATA\_SAP\_SAP SAPATA||£c| 11  
 NIVEL\_NIVEL||£c| 9  
 MANOB\_MANOBRA||£vc| 8  
 CURTA\_CURTA||£c| 8  
 PENETR\_PENETRACAO||£c| 8  
 ESTAT\_ESTATICO||£c| 7  
 DESLOCA\_DESLOCANDO||£c| 7  
 TENTA\_TENTANDO||£vc| 6  
 OBSERVAN\_OBSERVANDO||£vc| 6  
 CHECA\_CHECA||£vc| 5  
 REDUZI\_REDUZI||£vc| 5  
 PESO\_PESO||£c| 5  
 LCM\_LCM||£c| 5  
 TOPA\_TOPANDO||£vc| 5  
 EXITO\_EXITO||£vc| 4  
 COM\_C/COM||£c| 4  
 RISER\_RISER||£c| 4  
 TRABALHA\_TRAB\_TRAB TRABALHA||£vc| 4  
 ANULAR\_ANULAR||£c| 4  
 EFETUA\_EFETUANDO||£c| 4  
 DRAG\_ARRAS\_DRAGS||£vc| 4  
 CONECTA\_CONECTANDO||£c| 4  
 FORMACAO\_FORMACAO||£c| 4  
 CONDICIO\_COND\_COND CONDICIO||£c| 4  
 DIFICULDADE\_DIFICULDADE||£vc| 4  
 TESTA\_TESTANDO||£vc| 3  
 MICA\_MICA||£c| 3  
 PRESA\_PRESA||£vc| 3

Figura IL3.1 - Dicionário de Termos (.DIC)

RETOR RETOR SEM SEM S/ S/ @CPEF002\$SEM RETORNO<sub>i</sub>% 28

RETOR PERFURAN PERF PERF RETOR SEM SEM S/ S/ @ CPEF006\$PERFURA SEM RETORNO<sub>i</sub>% 20

RETOR PERFURAN PERF PERF RETOR SEM SEM S/ S/ AGUA H2O @CPEF008\$PERFURA S/ RETORNO C/ A.MAR<sub>i</sub>% 15

TAMPAO TP INJ @CPEF018\$INJETA TAMPAO<sub>i</sub>% 6

TAMPAO TP TAMPAO TP PERDA @CPEF028\$TAMPAO PERDA<sub>i</sub>% 2

TAMPAO TP TAMPAO TP MICA @CPEF032\$TAMPAO MICA<sub>i</sub>% 2

REPAS REPAS @CPEF054\$REPASSANDO<sub>i</sub>% 8

REPAS RETOR SEM SEM S/ S/ REPAS @CPEF060\$REPASSANDO S/ RETORNO<sub>i</sub>% 2

REPARA BOMBA B1 B2 @CPEF074\$REPARA BOMBA<sub>i</sub>% 8

REPARA LAMA FLUID BOMBA B1 B2 REPARA GAX @CPEF081\$REPARA GAXETA DA BOMBA LAMA<sub>i</sub>% 3

MANOB MANOB CURTA @CPEF102\$MANOBRA CURTA<sub>i</sub>% 2

MANOB LAMA FLUID COM C/ EFETUA DRAG ARRAS @CPEF116\$ MANOBRA CURTA C/ DRAG<sub>i</sub>% 1

OBSERVAN CIRCULAN CIRC CIRC NIVEL @CPEF153\$CIRCULA E OBSERVA NIVEL RISER<sub>i</sub>% 5

OBSERVAN NIVEL ESTAT OBSERVAN @CPEF162\$OBSEVA NIVEL ESTATICO<sub>i</sub>% 3

CHECA NIVEL ESTAT @CPEF174\$CHECA NIVEL ESTATICO<sub>i</sub>% 1

TOPA COLUNA COL COL @CPEF226\$TOPA COLUNA<sub>i</sub>% 4

TOPA COLUNA COL COL DESCEN DESC DESC @CPEF227\$DESCE E TOPA COLUNA<sub>i</sub>% 4

TRABALHA TRAB TRAB COLUNA COL COL TRABALHA TRAB TRAB PRESA @CPEF279\$TRABALHA COLUNA PRESA<sub>i</sub>% 1

DRAG ARRAS COM C/ @CPEF296\$COM DRAG<sub>i</sub>% 3

PRESA COLUNA COL COL @CPEF347\$COLUNA PRESA<sub>i</sub>% 1

**Figura IL3.2 - Dicionário de Frases (.CLA)**

Esta etapa, corresponde a um *processo de consolidação*, pois as fichas recodificadas retêm somente as informações consideradas pertinentes pelo usuário, ao definir o arquivo de Dicionário de Frases. Todos os outros dados, não são transportados para a ficha de recodificação.

#### **II.3.1.3 - Reprocessamento da Ficha Recodificada**

O reprocessamento deve ser feito, se o Dicionário de Frases (CLA) ainda não estiver fornecendo todas as idéias que pode conter o texto. Para tanto utiliza-se a Ficha Recodificada para se encontrar o Dicionário de Termos Recodificados (vide Fig. II.3.4). O processamento deve prosseguir analogamente à etapa anterior, até se encontrar a Ficha Recodificada do Dicionário de Idéias. Deve-se verificar, se o Dicionário de Idéias (vide Fig. II.3.5) já fornece o conhecimento desejado do texto analisado.

#### **II.3.5 - Indexação**

O *JARGÃO* utiliza o Dicionário de Frases ou o Dicionário de Idéias para indexar a base de dados KARDS. Para isso, gera uma lista de extensão .COD (vide Fig. II.3.6), onde é mostrada o código de endereçamento, as frases do dicionário e a frequência das frases no texto.

O processamento seguinte cria o arquivo .INC (vide Fig. II.3.7), que contem o endereço eletrônico dos dados nos arquivos de documentação (.DOC) do KARDS. O usuário escolhe as frases de seu interesse, para gerar esse arquivo de extensão .INC de indexação secundária, para o acesso às pastas que contenham as informações selecionadas.



CPEF018 CPEF028 #\*

CPEF002 CPEF018 CPEF028

CPEF032 CPEF006 CPEF008 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 CPEF018

CPEF153 CPEF162 CPEF166 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 CPEF153

CPEF162 CPEF166 CPEF279 CPEF280 CPEF347 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 CPEF074

CPEF081 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 CPEF074 CPEF153 CPEF166 CPEF018

CPEF162 CPEF226 CPEF227 CPEF054 CPEF060 #\*

CPEF054 CPEF002 CPEF006 CPEF008 CPEF074 CPEF081 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF008 #\*

CPEF002 CPEF006

CPEF008 CPEF074 CPEF102 CPEF116 CPEF296 CPEF226 CPEF227

CPEF054 CPEF060 #\*

CPEF002 CPEF006 CPEF102 CPEF296 CPEF174 CPEF226 CPEF227

CPEF054 #\*

**Fig. IL3.3 - Ficha Recodificada do Dicionário de Frases**

CPEF002:CPEF002-|fc| 10  
 CPEF006:CPEF006-|fvc| 10  
 CPEF008:CPEF008-|fc| 9  
 CPEF018:CPEF018-|fvc| 4  
 CPEF074:CPEF074-|fvc| 4  
 CPEF054:CPEF054-|fvc| 4  
 CPEF153:CPEF153-|fvc| 3  
 CPEF162:CPEF162-|fc| 3  
 CPEF166:CPEF166-|fc| 3  
 CPEF226:CPEF226-|fvc| 3  
 CPEF227:CPEF227-|fc| 3  
 CPEF028\_CPEF032:CPEF028\_CPEF032-|fc| 2  
 CPEF081:CPEF081-|fc| 2  
 CPEF060:CPEF060-|fc| 2  
 CPEF102:CPEF102-|fvc| 2  
 CPEF296:CPEF296-|fvc| 2  
 CPEF279:CPEF279-|fc| 1  
 CPEF280:CPEF280-|fc| 1  
 CPEF347:CPEF347-|fvc| 1  
 CPEF116:CPEF116-|fc| 1  
 CPEF174:CPEF174-|fc| 1

**Figura II.3.4 - Dicionário de Termos Recodificados**

CPEF006 CPEF006 @CSEC001\$PERFURA SEM RETORNO<sub>i</sub>% 10

CPEF006 CPEF006 CPEF008 @CSEC002\$PERFURA S/RETORNO C/ A.MAR<sub>i</sub>% 9

CPEF006 CPEF006 CPEF008 CPEF018 @CSEC005\$PERFURA S/ RETORNO C/ A.MAR E INJETA TAMPAO<sub>i</sub>% 3

CPEF006 CPEF006 CPEF153 @CSEC007\$PERFURA S/ RETORNO, CIRCULA E OBSERVA NIVEL RISER<sub>i</sub>% 3

CPEF018 CPEF018 @CSEC019\$INJETA TAMPAO<sub>i</sub>% 3

CPEF018 CPEF018 CPEF028\_CPEF032 @CSEC032\$INJETA TAMPAO PERDA<sub>i</sub>% 1

CPEF074 CPEF074 @CSEC039\$REPARA BOMBA<sub>i</sub>% 4

CPEF074 CPEF074 CPEF081 @CSEC043\$REPARA GAXETA BOMBA LAMA<sub>i</sub>% 2

CPEF054 CPEF054 @CSEC058\$REPASSA<sub>i</sub>% 3

CPEF054 CPEF054 CPEF226 @CSEC059\$TOPA COLUNA E REPASSA<sub>i</sub>% 3

CPEF054 CPEF054 CPEF226 CPEF227 @CSEC060\$DESCE, TOPA COL E REPASSA<sub>i</sub>% 3

CPEF054 CPEF008 CPEF054 @CSEC064\$PERFURA S/ RETORNO C/A. MAR E REPASSA<sub>i</sub>% 2

CPEF153 CPEF153 CPEF162 @CSEC077\$CIRC. OBSER. NIVEL RISER. OBS. NIVEL ESTATICO<sub>i</sub>% 3

CPEF226 CPEF006 CPEF226 CPEF227

CPEF060 @CSEC087\$DESCE E TOPA COL, REPASSA E PERFURA S/ RETORNO<sub>i</sub>% 2

CPEF102 CPEF006 CPEF102 CPEF296 @CSEC094\$PERFURA S/RETORNO, MANOBRA CURTA C/ DRAG<sub>i</sub>% 2

CPEF102 CPEF054 CPEF102 @CSEC095\$MANOBRA CURTA (REPASSA)<sub>i</sub>% 2

CPEF102 CPEF054 CPEF102 CPEF296 @CSEC096\$MANOBRA CURTA (REPASSA C/ DRAG)<sub>i</sub>% 2

**Figura II.3.5 - Dicionário de Idéias**

CSEC001 PERFURA SEM RETORNO.....	10
CSEC002 PERFURA S/RETORNO C/ A.MAR.....	9
CSEC005 PERFURA S/ RETORNO C/ A.MAR E INJETA TAMPAO....	3
CSEC007 PERF S/ RETORNO, CIRC E OBSERVA NIVEL RISER...:	3
CSEC017 PERFURA S/RET. C/A. MAR E INJETA TAMPAO.....	3
CSEC019 INJETA TAMPAO.....	3
CSEC032 INJETA TAMPAO PERDA.....	1
CSEC039 REPARA BOMBA.....	4
CSEC043 REPARA GAXETA BOMBA LAMA.....	2
CSEC058 REPASSA.....	3
CSEC059 TOPA COLUNA E REPASSA.....	3
CSEC060 DESCE, TOPA COL E REPASSA.....	3
CSEC064 PERFURA S/ RETORNO C/A. MAR E REPASSA.....	2
CSEC069 REPASSA S/ RETORNO.....	2
CSEC076 CIRCULA E OBSERVA NIVEL RISER.....	3
CSEC077 CIRC. OBSER. NIVEL RISER. OBS. NIVEL ESTAT...:	3
CSEC086 DESCE E TOPA COLUNA.....	3
CSEC087 DESCE E TOPA COL, REPASSA E PERF S/ RETORNO....	2
CSEC094 PERFURA S/RETORNO, MASNOBRA CURTA C/ DRAG.....	2
CSEC095 MANOBRA CURTA (REPASSA).....	2
CSEC096 MANOBRA CURTA (REPASSA C/ DRAG).....	2
CSEC103 MANOBRA CURTA C/ DRAG.....	2
CSEC112 REPASSA C/ DRAG.....	2

**Figura II.3.6 - Arquivo codificado (.COD)**

2 ,AA, 1 , / 8
3 ,AA, 1 , / 9
4 ,AA, 1 , / 10
5 ,AA, 1 , / 11
6 ,AA, 1 , / 12
7 ,AA, 1 , / 13
8 ,AA, 1 , / 14
9 ,AA, 1 , / 15
10 ,AA, 1 , / 16
11 ,AA, 1 , / 17

**Figura II.3.7 - Arquivo Indexado (.INC)**

### II.3.2 - RELATÓRIOS DE OCORRÊNCIAS

Os dados que irão compor esses relatórios vão ser retirados das pastas indexadas, descritas acima. Para tanto é criada uma máscara, onde são selecionadas todas as informações das fichas de interesse para as atividades do especialista, correspondente a um *processo de filtragem*. A máscara editada deve conter basicamente informações que identificam as fichas e os respectivos campos onde se encontram as informações desejadas. Para se obter os dados para a máscara do relatório criado, é utilizado o módulo RELATOR.

A Fig. II.3.8 mostra um exemplo de como pode ser montada uma máscara para o relatório de ocorrências. Nesta máscara construída pelo especialista, devem constar todas as informações que podem ser colhidas na BDPK para se navegar os grafos para se detectar as possíveis causas das ocorrências. Essas máscaras podem ser modificadas à medida das necessidades, sem dificuldades.

Para se preencher a máscara do relatório criado, utiliza-se o módulo RELATOR, que vai buscar os dados definidos na máscara, nas pastas indexadas (arquivo .INC). Na máscara da Fig. II.3.8, as informações são obtidas das fichas 01, 02 e 04 (fic01, fic02, fic04). Esse processamento cria um arquivo de extensão .PRN. Caso se necessite, podem ser acrescentadas quaisquer outras informações pertinentes ao assunto, que não constem das pastas da BDPK, utilizando para isso um editor de texto qualquer.

A Fig. II.3.9 mostra o exemplo de um relatório processado pelo módulo RELATOR, onde se encontram todos os dados solicitados pela máscara do relatório, e informações não contidas na BDPK, que podem ser fornecidas pelo especialista, de acordo com as suas necessidades.

Ocorrência Anormal :

.fic 01

%fic 01

BDP - \*1/

DATA - \*2/

POCO - \*3/

DIAMETRO - \*8/

;

;

.fic 02

%fic 02

Fluido de perfuração

Peso - \*1/

Viscosidade - \*2/

Filtrado - \*3/

;

;

.fic 04

%fic 04

Broca Num/ Diametro/ Tipo/Prof Entr/ Prof Saída/ Metragem

\*1/

;

;

Dados fornecidos pelo especialista

Drag -

Torque -

**Figura II.3.8 - Máscara do Relatório de Ocorrência**

Ocorrencia Anormal : Repassamento com drag

%fic 01

BDP - 7

DATA - 12/09/88

POCO - 3-TB-1-PRS

DIAMETRO - 17.5

;

;

%fic 02

Fluido de perfuracao

Peso - 8.5

Viscosidade - 51

Filtrado - 39

;

;

%fic 04

Broca	Num/	Diametro/	Tipo/Prof Entr/	Prof Saida/	Metragem
03	17.5	ST15	500	-	90

;

;

Dados fornecidos pelo especialista

Drag - Alto

Torque - Alto

**Figura II.3.9- Relatório de Ocorrência processado com o RELATOR**

### II.3.3 - ANÁLISE DOS RELATÓRIOS DE OCORRÊNCIA

Os relatórios de ocorrência acima produzidos, em geral contêm algumas informações que não são necessárias para os propósitos do projeto, e muitas vezes, o conhecimento das ocorrências anormais e de suas causas não são fornecidas pela BDPK. Identificar estas causas é fundamental para a elaboração de um projeto de perfuração.

Para sintetizar essas informações no relatório final dos poços perfurados, que devem ser armazenados no armário dos poços de correlação, é necessário garantir esse conhecimento. Para tanto deve-se buscá-lo no relatório de ocorrência ou solicitá-lo ao usuário. Esta etapa corresponde a um *processo de análise* dirigido segundo a ótica do conhecimento do especialista.

O especialista dentro do seu aprendizado, quando não têm à sua disposição essas causas, procura com as evidências disponíveis identificá-las. Para a identificação dessas ocorrências na BDPK, utilizou-se o conhecimento do especialista sobre essas anomalias, e foram construídos diversos *grafos de conhecimento* para auxiliá-lo nessa tarefa.

A técnica para a obtenção do conhecimento baseada na teoria dos grafos, foi descrita por Rocha et al, e sucintamente pode-se dizer que as evidências para uma tomada de decisão são representadas por nós terminais de um grafo, cuja raiz representa a decisão.

Os nós intermediários representam as etapas deste processo de decisão. Os arcos (ou ligações ou sinápses) que unem os nós do grafo, mostram as associações (ou agregações) de informações que suportam a decisão. A relevância de cada peça de informação para o raciocínio do especialista é representada pelo peso do arco.

Operações de agregação e/ou de decisão são especificadas para cada nó, para definir o raciocínio, que nada mais é do que a navegação neste grafo induzida por um conjunto de dados reais. A figura II.3.10 mostra um exemplo para o caso de um grafo de *REPASSAMENTO*.

Existem diversas ocorrências anormais, que afetam diretamente nos estudos para

a elaboração de um projeto, tais como: perda de circulação, "kicks", prisão, etc. A seguir discute-se uma dessas ocorrências anormais que podem ocorrer durante a perfuração de um poço, o *REPASSAMENTO*.

### **II.3.3.1 - Grafo de Repassamento**

Apesar da operação de repassamento ser rotineira, sendo realizada muitas vezes apenas preventivamente, conforme a gravidade do problema, a continuidade das operações de perfuração é conseguida somente quando esta é efetuada. Como sempre é interessante se detectar a possível causa de um repassamento, mesmo quando efetuada apenas preventivamente, toda operação de repassamento será considerada como uma ocorrência anormal.

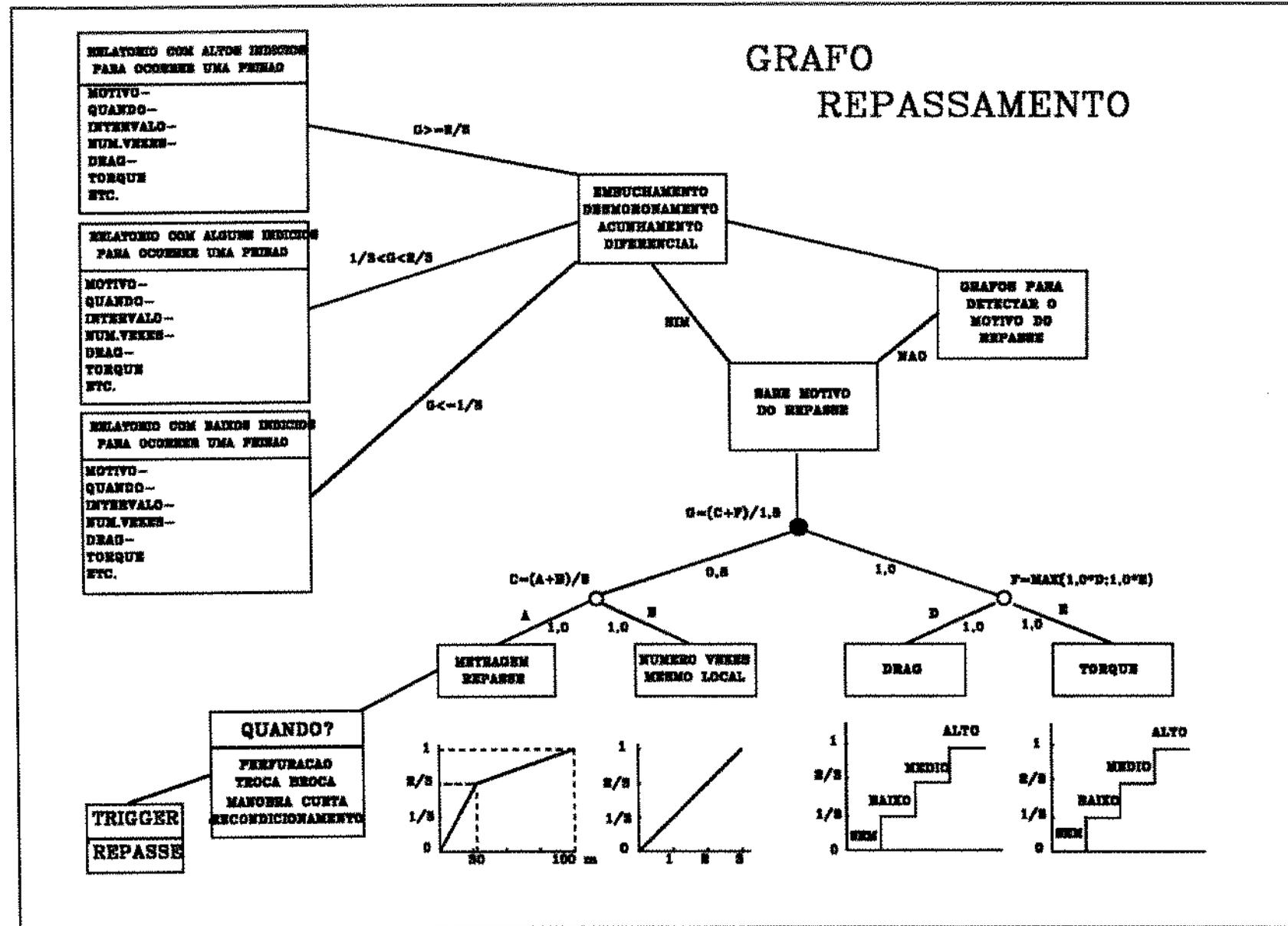
Os motivos para se efetuar o repassamento durante a perfuração são muitos, sendo na maioria das vezes, para se prevenir ou evitar a uma possível prisão da coluna. Por isso, as causas normalmente, são os possíveis tipos de prisão. Os mais comuns são: *DESMORONAMENTO, EMBUCHAMENTO, DIFERENCIAL e ACUNHAMENTO ou CHAVETA*.

A operação de repassamento pode ser efetuada nas diversas etapas que constituem a perfuração, como a perfuração propriamente dita, durante a manobra curta, na manobra para troca de broca ou para o acondicionamento do poço. Essa diferenciação é necessária, pois as evidências para se detectar as causas, podem ser diferentes para cada caso.

No Grafo de Repassamento (vide Figura II.3.10), procura-se avaliar dois (2) aspectos:

- 1º - A gravidade do repassamento, ou seja, qual a dificuldade para se efetuar esta operação, e qual a consequência que esta pode trazer para o prosseguimento das operações (qual o indício para a ocorrência de uma prisão), e;

Figura II.3.10 - Grafo de Repassamento



- 2º - Qual o motivo do repassamento, pois conseguindo-se identificá-lo, pode-se fornecer à operação recomendações para se evitá-lo ou efetuá-lo de modo preventivo ou então modificar o projeto de maneira a minimizar os efeitos dessa ocorrência.

O *GRAFO de CONHECIMENTO* é ativado pelo processamento no programa *QUEST* do sistema *KARDS*, a partir de informações chamadas de *DISPARADORES ou TRIGGERS*, que nada mais são que as evidências iniciais que podem suportar a tomada de decisão representada na raiz do grafo. A ativação destes disparadores se faz a partir de dados encontrados nos relatórios de ocorrência.

#### *II.3.3.1.1 - Evidências*

Identificado o *TRIGGER - REPASSAMENTO*, é necessário se saber em que etapa ocorreu esta operação, se durante a perfuração, manobra para troca de broca, manobra curta, ou na manobra para o condicionamento do poço.

Está sendo chamado de "y" a confiança de que o valor atual para a instanciação de cada objeto (evidência) seja semelhante a um padrão especificado (aqui chamado de conhecimento prototípico) pelo especialista para esta evidência, e de "z" a relevância da informação para esta evidência para a tomada de decisão.

Para a avaliação da gravidade do *REPASSAMENTO* foram escolhidas as seguintes evidências: *metragem do repassamento, número de vezes que foi feito o repassamento no mesmo local, drag e torque.*

### ***II.3.3.1.1.1 - Metragem do Repassamento - mr***

Nem sempre uma grande extensão de repassamento, significa que a gravidade desta operação é maior que em um repassamento feito num ponto localizadamente. Mas em geral, quanto maior a extensão do repassamento, maior será a gravidade do mesmo.

Foi considerado o seguinte para se encontrar o valor de instanciação desta evidência:

$$0 \text{ m} \leq mr < 30 \text{ m} \Rightarrow y = mr / 45$$

$$30 \text{ m} \leq mr \leq 100 \text{ m} \Rightarrow y = (110 + mr) / 210$$

$$mr > 100 \text{ m} \Rightarrow y = 1$$

### ***II.3.3.1.1.2 - Número de vezes no mesmo local - nl***

O repassamento em um determinado local várias vezes, nem sempre vai significar que a gravidade desta operação será maior do que em um outro local repassado apenas uma vez. Mas é possível se prever, que quanto maior o número de vezes que se repassa no mesmo local, maiores os problemas que podem ocorrer.

Foi considerado o seguinte:

$$0 \leq nl \leq 3 \Rightarrow y = nl / 3$$

$$nl > 3 \Rightarrow y = 1$$

### ***II.3.3.1.1.3 - Torque - tq e Drag - dr***

Sem dúvida essas duas evidências, torque e drag, são as mais fortes para se determinar a gravidade da operação de repassamento, pois indicam a dificuldade de se

efetuar essa operação. Estas evidências foram definidas como variáveis linguística, e o conjunto de termos que as definem são: SEM, BAIXO, MÉDIO, ALTO.

Foi considerado para ambos os casos:

SEM  $\Rightarrow y = 0$

BAIXO  $\Rightarrow y = 1/3$

MÉDIO  $\Rightarrow y = 2/3$

ALTO  $\Rightarrow y = 1$

#### **II.3.3.1.2 - Agregação**

Após a comparação (matching) entre o dado atual e o conhecimento prototípico para se obter o valor da confiança de cada evidência, a agregação de confiança em cada nó intermediário e/ou de decisão, foram feitas através de promediação ponderada (consenso) da confiança nos nós de entrada (nós C e G da fig. II.3.10), usando-se como fatores de ponderação os valores das relevâncias (pesos) de cada ligação fornecidos pelo especialista ou pela maximização (nó F da fig. II.3.10) das confianças iniciais.

O peso de cada arco (z) reflete a importância do mesmo na tomada de decisão, para a associação em um determinado nó. Na fig. II.3.10, o nó G, mostra que as relevâncias são diferentes, e o arco que sai do nó F para o nó G tem um peso maior. Isso reflete o comentário feito acima de que o torque e/ou o drag são consideradas evidências mais fortes para indicar a gravidade da operação.

### *II.3.3.1.3 - Navegação do grafo*

A navegação do grafo será feita com a utilização das informações (evidências) contidas nos relatórios de ocorrências e/ou fornecidas pelo usuário. Após se encontrar o nó de decisão (nó G da fig. II.3.10), o sistema verifica se existe o conhecimento (causa) da ocorrência, se positivo, o sistema vai requerer ao usuário os dados necessários para a composição do relatório final, caso contrário, o sistema continuará a navegação em outros grafos para encontrar a possível causa.

### *II.3.3.2 - Grafos de Embuchamento e de Desmoronamento para o REPASSAMENTO durante a manobra para a troca de broca*

Para o caso de não se ter o conhecimento da causa da ocorrência (repassamento), foram construídos grafos para tentar detectá-lo. Para exemplificar foram construídos dois grafos: o grafo de Embuchamento (fig. II.3.11) e o grafo de Desmoronamento (fig. II.3.12)

As evidências escolhidas para navegar o grafo de Embuchamento foram: Vazão, Número de ciclos ("Bottom's Up"), Argila plástica, Comprimento da fase, "Rat hole", Limite de escoamento e Viscosidade.

Para o grafo de Desmoronamento as evidências escolhidas foram: Vazão, Número de ciclos, Cascalho desmoronado, Peso da lama, Filtrado e Folhelho.

A navegação desses grafos será feita, utilizando-se as informações contidas nos relatórios de ocorrências e/ou fornecidas pelo usuário. O processamento é iniciado com o grafo de Embuchamento, e caso as evidências escolhidas não indiquem que essa seja a causa do repassamento, o processamento deve prosseguir com o grafo de Desmoronamento.

Figura II.3.11 - Grafo de Embuchamento

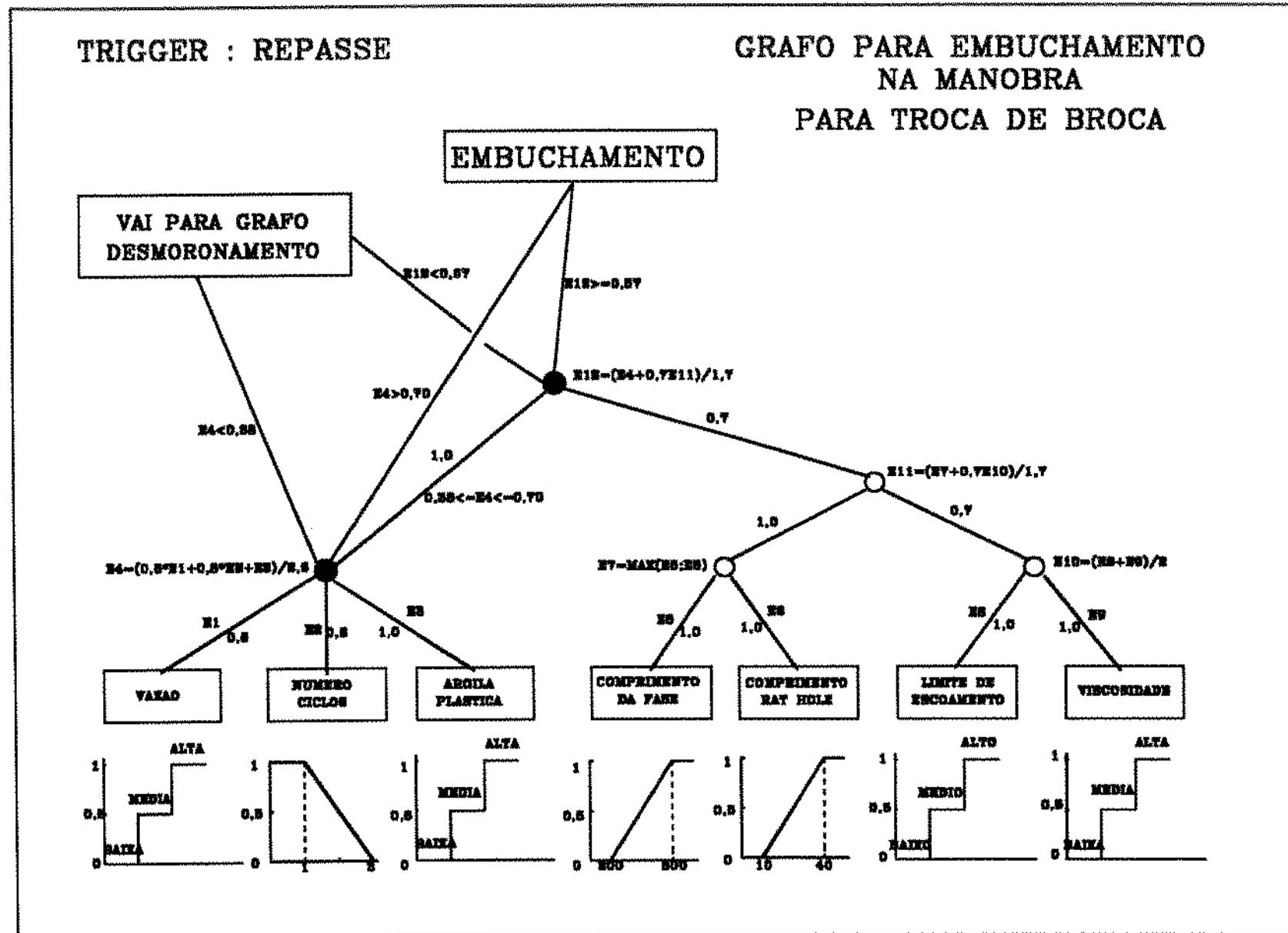
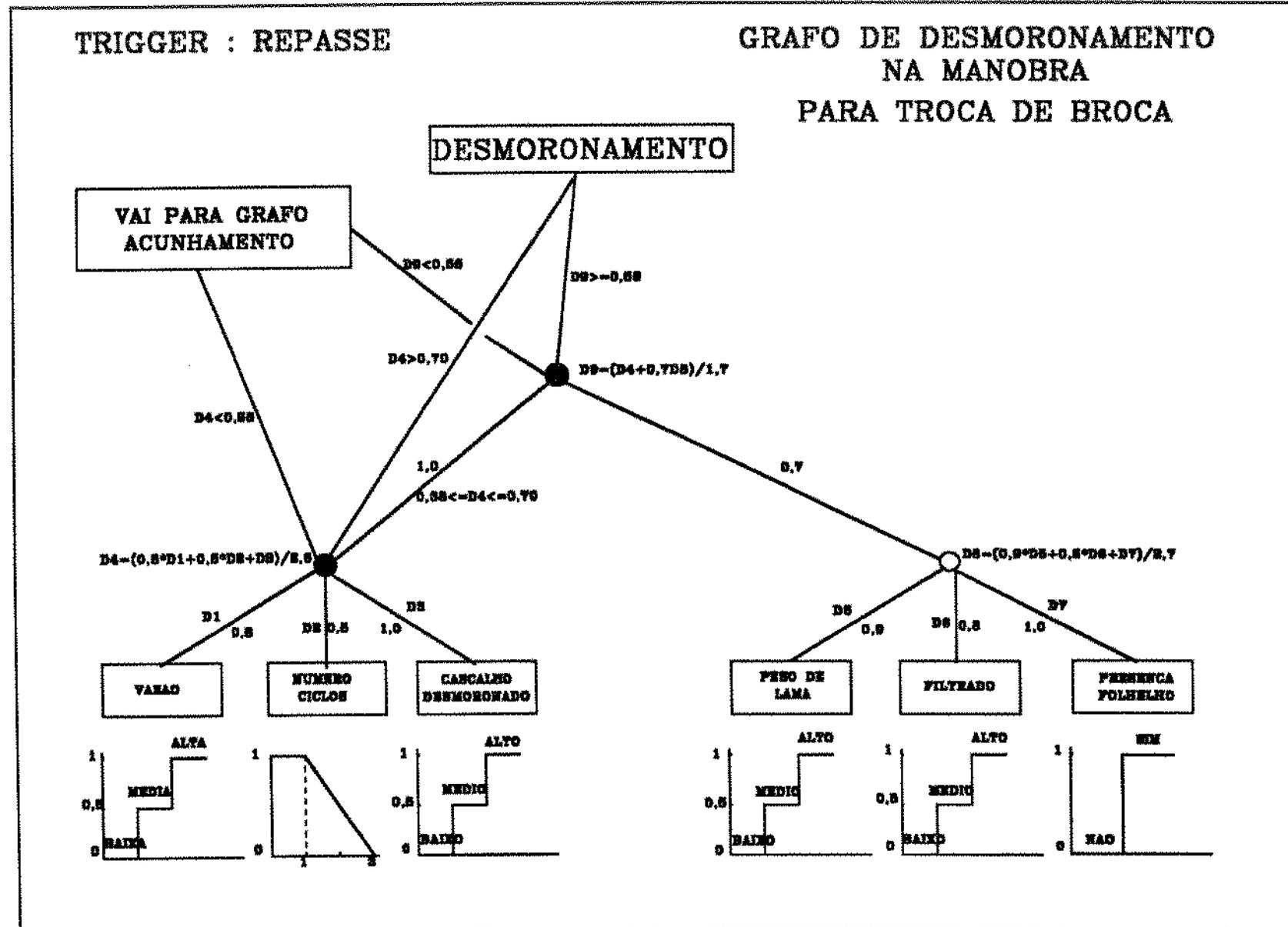


Figura II.3.12 - Grafo de Desmoroamento



Como citado anteriormente, existem outros motivos para o repassamento, além dos indicados por esses dois grafos, portanto devem ser contruídos outros para se detectar a possível causa do repassamento.

Caso a causa não seja o desmoronamento, o processamento deve prosseguir até se encontrar a possível causa com os outros grafos a serem construídos.

Identificada a causa com um desses grafos, as informações que devem constar do relatório final, serão colhidas de acordo com as necessidades para as análises para o projeto final.

### ***II.3.4 - RELATÓRIO FINAL***

O aqui denominado "Relatório Final" é a síntese de todo o tratamento da BDPK de um poço perfurado e fornece os dados a serem arquivados na base Poços de Correlação. Estes dados serão utilizados para:

- 1 - A escolha dos melhores poços de correlação dado um novo poço a ser perfurado, e
- 2 - Selecionados os melhores poços de correlação, orientar na elaboração do projeto.

O "Relatório Final" é obtido em três etapas do processamento:

- 1 - Consolidação;
- 2 - Filtragem;
- 3 - Análise;

que compõe no seu total o processo de síntese que resume os dados de um armário BDPK

de um poço perfurado, em uma pasta deste mesmo poço no armário de Poços de Correlação.

Deste relatório devem constar todos os dados e evidências necessários para se escolher os poços de correlação e navegar o grafo de conhecimento para as recomendações para o posicionamento das sapatas dos revestimentos.

Assim que o poço é concluído, o relatório deve ser emitido, pois se um novo poço é perfurado na mesma área/campo, e se o mesmo é considerado um bom poço de correlação, as análises mais profundas devem ser centradas neste poço, pois em geral o último poço perfurado pode ser considerado como o melhor poço de correlação a ser utilizado.

#### **II.3.4.1 - Armário de Poços de Correlação**

No armário de Poços de correlação, devem constar o relatório final de todos os poços perfurados. No sistema KARDS, podem ser divididos da seguinte maneira:

- 1 - **ARMÁRIO** - Poços correlação;
- 2 - **GAVETAS** - Em cada gaveta devem ser colocados os poços de uma mesma área ou campo, por exemplo: Albacora, Namorado, Tubarão, etc.;
- 3 - **PASTAS** - Cada pasta vai conter as informações pertinentes a um poço perfurado;
- 4 - **FICHAS** - As fichas devem ser construídas de acordo com as informações necessárias para elaborar o projeto, de maneira a facilitar o arquivamento e o manuseio dos dados.

As Figuras II.3.13, II.3.14, II.3.15, II.3.16, mostram exemplos dessas fichas.

Outras fichas podem ser acrescentadas ao armário Poços de Correlação, conforme a necessidade do especialista em detalhar alguma informação ou dados pertinentes ao poço perfurado.

3-AB-1A-RJS#ALBACORA#10/03/86#433#N#S###\*  
3-AB-2-RJS#ALBACORA#16/07/86#296#N#S#7552421#396528#\*  
3-AB-3-RJS#ALBACORA#03/04/87#617#N#S###\*  
7-AB-4D-RJS#ALBACORA##463#N#S#7552682#406499#\*  
7-AB-5D-RJS#ALBACORA#23/09/88#464#N#S#7551850#403250#\*  
7-AB-6D-RJS#ALBACORA#01/11/88#465#N#S#7553300#404700#\*  
7-AB-7DA-RJS#ALBACORA##464#N#S#7553800#404100#\*  
7-AB-8D-RJS#ALBACORA#05/09/90#448#N#S#7548350#402850#\*  
7-AB-9D-RJS#ALBACORA#09/11/90#450#N#S#7549450#403450#\*  
7-AB-10D-RJS#ALBACORA#23/07/91#857#N#S#7558778#407419#\*  
7-AB-11DA-RJS#ALBACORA#19/01/92#632#N#S#7555834#405602#\*  
7-AB-12D-RJS#ALBACORA#14/03/92#472#N#S#7552515#403628#\*  
7-AB-13HA-RJS#ALBAOCRA#12/01/92#314#N#S#7551662#397883#\*  
7-AB-14D-RJS#ALBACORA#21/04/92#467#N#S#7552565#403562#\*  
7-AB-16D-RJS#ALBACORA#07/05/92#470#N#S#7552488#403596#\*

**Figura II.3.13 - Ficha 01 - Dados de Poço - Armário - Poços de Correlação -  
Dados referentes a 15 pastas (poços)**

EMBORE/GRUSSAI	433#	
EMBORE/CLASTICA	941#	
CAMPOS/UBATUBA	1209#	
CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO	2608#	CAMPOS/UBATUBA
2729# CAMPOS/CARAPEBUS/EOCENICO		2887#
CAMPOS/UBATUBA	3039#####*	
	EMBORE/GRUSSAI	
296# EMBORE/CLASTICA		845# CAMPOS/UBATUBA
1025# CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO		2643#
CAMPOS/UBATUBA	2715#	
CAMPOS/CARAPEBUS/EOCENICO	2886#	
CAMPOS/UBATUBA/CRETACICO	2895#	
MACAE	3052#####*	
EMBORE/GRUSSAI	463#	EMBORE/CLASTICA
988# CAMPOS/UBATUBA		1181#
CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO	2614#####*	
EMBORE/GRUSSAI	464#	EMBORE/CLASTICA
985# CAMPOS/UBATUBA		1205#
CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO	2561#	CAMPOS/UBATUBA
2637# CAMPOS/CARAPEBUS/EOCENICO		2726#
CAMPOS/UBATUBA	2819#####*	
EMBORE/GRUSSAI	464#	EMBORE/CLASTICA
986# CAMPOS/UBATUBA		1193#
CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO	2574#	CAMPOS/UBATUBA
2709# CAMPOS/CARAPEBUS/EOCENICO		
2810#####*		
	EMBORE/GRUSSAI	448#
EMBORE/CLASTICA	1045#	CAMPOS/UBATUBA
1194# CAMPOS/CARAPEBUS/OLIGOCENICO		2594#
CAMPOS/UBATUBA	2690#####*	

**Figura IL3.14 - Ficha 02 - Topos de Formações - Armário - Poços de correlação  
- Dados referentes a 6 pastas (poços)**

**Ocorrência 1:**

Repasseamento com drag

Altos Indícios para prisão por Embuchamento

Fase IV - 12 1/4"

Intervalos Repassados: 1200 m a 1350 m

1700 m a 1950 m

Obs: Baixa vazão e grande quantidade de argila plástica#

**Ocorrência 2:**

Perda de circulação total

Litologia : Calcáreo fraturado

Fase V - 8 1/2"

Prof : Início da perda a 2500 m

Obs: Combate a perda com tampões contra perda sem sucesso. Perfuração efetuada com água do mar sem retorno. Drags e torques altos durante a perfuração.

Dificuldades na descida do revestimento, conseguindo-se atingir a profundidade de assentamento com reciprocação#\*

**Figura IL3.15 - Ficha 03 - Ocorrências Anormais - Armário - Poços de Correlação - Dados referente a 1 pasta (poço)**

**Modificações no Projeto**

Fase IV - Poço 12 1/4", sapata do revestimento foi projetado e assentado a 2600 m, 200 m acima em relação ao último poço perfurado no campo 1-XX-03-AA, para tentar sanar problemas de drag e torque altos durante a perfuração. O tipo de lama também foi mudado, passando de fluido de perfuração com polímeros para fluido de perfuração à base de óleo.

**Figura IL3.16 - Ficha 04 - Modificações no projeto - Armário - Poços de Correlação - Dados referente a 1 pasta (poço)**

## **II.4 - GRAFO DE CONHECIMENTO POÇO DE CORRELAÇÃO**

O que vai nos levar a escolher um poço perfurado como correlação para as análises do novo projeto, é o grau do quanto esse poço é bom ou ruim como comparação com o poço a ser perfurado.

Com o conhecimento do especialista, e baseado nas teorias de redes neurais e de lógica nebulosa, foi construído um grafo de conhecimento (figura II.4.1), para a classificação dos poços perfurados em relação ao poço a ser projetado. Essa classificação vai nos indicar, quais os poços devem ser escolhidos como poço de correlação, para as análises do projeto do novo poço.

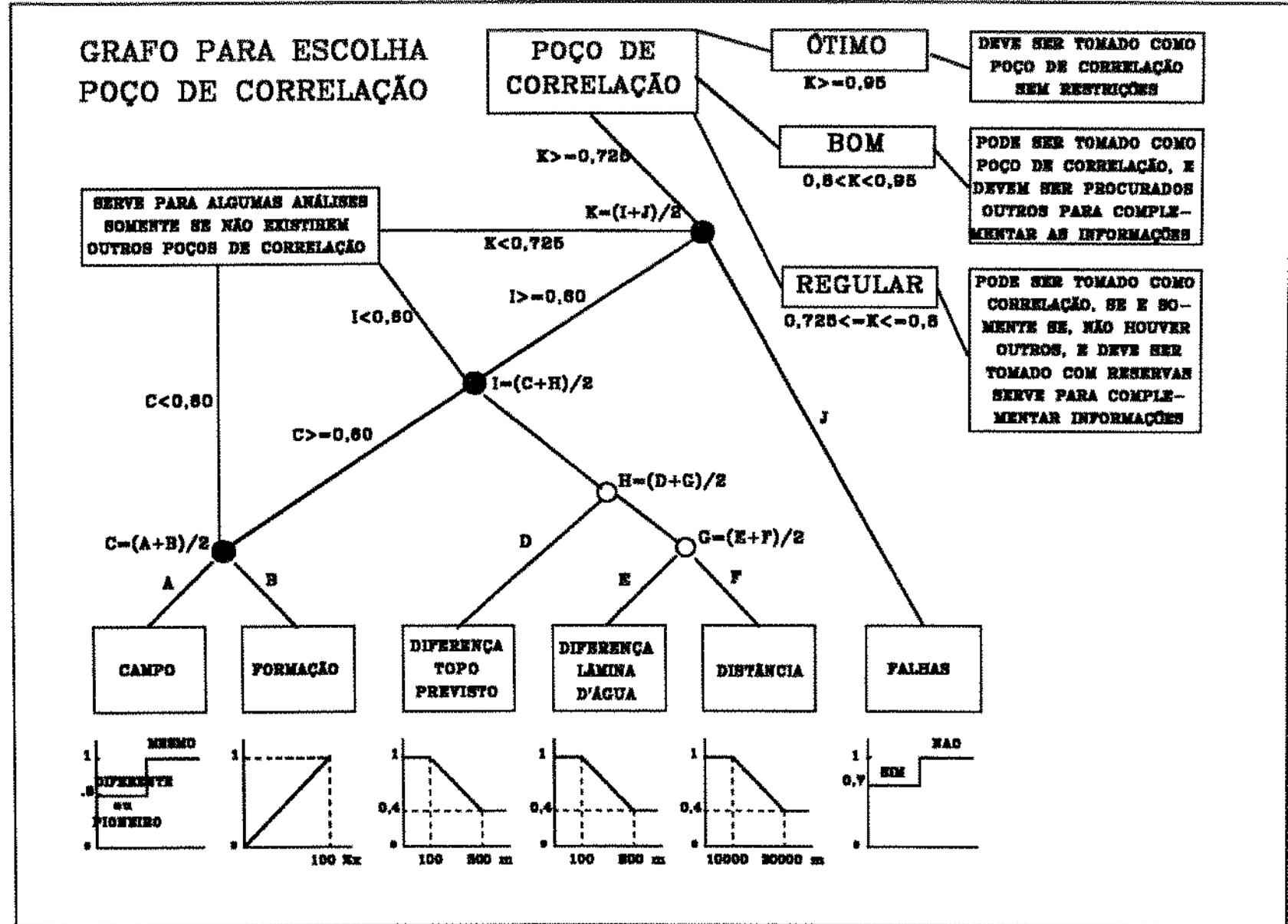
### **II.4.1 - Evidências**

Existem vários parâmetros de comparação (evidências) que podem indicar com certo grau de confiabilidade a classificação desses poços. As evidências escolhidas fazem as comparações entre: Campos, Formações, Topos, Lâmina d'água, Distância e Falhas.

Chamaremos de *PR - Previsto*, o poço a ser perfurado e *PE - Perfurado*, o poço já perfurado que vai ser analisado, e que eventualmente poderá ser um poço de correlação.

Figura II.4.1 -

Grafo para a escolha de poços de correlação



#### ***II.4.1.1 - Comparação entre Campos***

A comparação entre o campo a que pertence o poço previsto e os campos a que pertencem os poços perfurados se faz verificando se pertencem ao mesmo campo, a campos diferentes ou é um poço pioneiro.

Mesmo campo                     $\Rightarrow y = 1,0$

Campos Diferentes ou

Poço pioneiro                     $\Rightarrow y = 0,6$

#### **II.4.1.2 - Comparação entre as Formações**

##### ***II.4.1.2.1 - Formações Tipo de uma Bacia***

O que queremos dizer com Formações Tipo de uma Bacia?

As bacias petrolíferas brasileira, são identificadas basicamente pela região a que pertencem, e formadas pelos diversos campos, que são diferenciados de acordo com as formações/litologias dos reservatórios produtores.

Todas as formações identificadas e nomeadas pela Geologia de uma determinada bacia, formariam o que estamos denominando de Formações Tipo de uma Bacia.

Em um campo pertencente a uma determinada bacia, nem todas as formações listadas nas Formações Tipo de uma Bacia ocorrem, sendo comum dentro de um mesmo campo, haver diferenças, com ausência(s) de alguma(s) formação(ões).

Exemplos de Bacia: Bacia de Campos, Bacia de Santos, Bacia do Espírito Santo, Bacia de Pelotas, Bacia do Recôncavo Baiano, Bacia Potiguar, etc.

Toda vez que nos referirmos a formações diferentes, estaremos não só nos referindo a tipos de formações diferentes, mas também, a uma mesma formação com membros diferentes. Como exemplo, podemos citar a formação Campos, que é subdividido nos membros Ubatuba e Carapebus. Ao invés de dizermos que Formação Campos/Membro Ubatuba, Formação Campos/Membro Carapebus Oligocênico ou Formação Campos/Membro Carapebus Eocênico, pertencem a uma mesma formação com membros diferentes, iremos confundí-los, como se fossem formações diferentes.

Para o presente estudo, vamos listar apenas as formações presentes no campo de Albacora, e chamaremos esta lista de Formações Tipo do Campo de Albacora:

- 1- Emborê/Grussai
- 2- Emborê/Clástica
- 3- Campos/Ubatuba
- 4- Campos/Carapebus/Miocênico
- 5- Campos/Ubatuba
- 6- Campos/Carapebus/Oligocênico
- 7- Campos/Ubatuba
- 8- Campos/Carapebus/Eocênico
- 9- Campos/Ubatuba
- 10- Campos/Carapebus/Cretácico
- 11- Campos/Ubatuba Cretácico ou Campos/Ubatuba
- 12- Macaé

Todas as explicações posteriores vão se referir às Formações Tipo do Campo de Albacora, e vamos nos referir apenas como Formações Tipo de Campo.

#### II.4.1.2.2 - Regras para a comparação entre as formações

Regras para se fazer a comparação entre o poço a ser perfurado e o poço de correlação:

- 1 - As Formações Previstas do Poço a ser Perfurado, devem ser listadas na mesma ordem das Formações Tipo de Campo, indicando inclusive a(s) ausência(s) de alguma(s) formação(ões);
- 2 - Determinar o número das Formações Previstas (*nf*) do poço a ser perfurado, contando as formações do topo até a formação em que se encontra a profundidade final, incluindo nessa contagem, se houver, a(s) ausência(s) em relação às Formações Tipo de Campo;
- 3 - Com as Formações Previstas, fazer a comparação com as Formações Perfuradas dos poços a serem analisados, e que devem também serem listadas na mesma ordem das Formações Tipo de Campo;
- 4 - Contar o número de igualdades (*ni*) existentes, Desconsiderar as formações do poço perfurado, que se encontrem abaixo da formação da profundidade final do poço previsto. ;
- 5 - Calcular a % de igualdade (*%x*) como,

$$\%x = (ni / nf) \times 100$$

- 6 - Calcular o valor da confiança (*y*) a ser utilizado no gráfico de conhecimento para a escolha do poço de correlação.

$$y = 0,01 \times \%x$$

**II.4.1.2.3 - Exemplo:**

<b>N</b>	<b>Formações Tipo</b>	<b>PR1</b>	<b>PR2</b>	<b>PE1</b>	<b>PE2</b>
1	Emborê/Grussaí	1	1	1	1
2	Emborê/Clástica	2	2	2	2
3	Campos/Ubatuba	3	3	3	3
4	Campos/Carapebus/Miocênio	-	4	4	-
5	Campos/Ubatuba	-	5	5	-
6	Campos/Carapebus/Oligocênio	6	6	6	6
7	Campos/Ubatuba	7	7	7	7
8	Campos/Carapebus/Eocênio	8	8	8	8
9	Campos/Ubatuba	9	9	9	9
10	Campos/Carapebus/Cretácico	-	-	10	-
11	Campos/Ubatuba	-	-	11	-
12	Macaé	12	-	12	-

PR1 - Poço Previsto 1 - Final poço previsto - Macaé

PR2 - Poço Previsto 2 - Final poço previsto - Campos/Ubatuba

PE1 - Poço Perfurado 1- Final poço perfurado- Macaé

PE2 - Poço Perfurado 2- Final poço perfurado- Campos/Ubatuba

**II.4.1.2.3.1 - Comparações para se encontrar o número de igualdades - ni :**

- a - PR1 x PE1  $\Rightarrow$  ni = 8  
O número de igualdade ni se deve às ausências de 4, 5, 10 e 11 em PR1 em relação a PE1
- b - PR1 x PE2  $\Rightarrow$  ni = 9  
O número de igualdade é devido a PR1 terminar na formação Macaé, e PE2 terminar na formação Campos/Ubatuba, como podemos verificar há a ausência de 4 e 5 em PR1 e PE2
- c - PR2 x PE1  $\Rightarrow$  ni = 9  
A igualdade é total, pois PR2 termina em 9, e PE1 coincide em tudo até esta formação, independente de PE1 terminar em 12
- d - PR2 x PE2  $\Rightarrow$  ni = 7  
Número de igualdade ni, devido a presença de 4 e 5 em PR2 em relação a PE2

**II.4.1.2.3.2 - Número de formações previstas - nf:**

- 1 - PR1  $\Rightarrow$  nf = 12
- 2 - PR2  $\Rightarrow$  nf = 9

**II.4.1.2.3.3 - % igualdade - %x:**

- a -  $\%x = 8/12 \times 100 = 66,6\%$

$$b - \%x = 9/12 \times 100 = 75,0\%$$

$$c - \%x = 9/9 \times 100 = 100\%$$

$$d - \%x = 7/9 \times 100 = 77,8\%$$

#### **II.4.1.2.3.4 - Valores da confiança - y:**

$$a - y = 0,01 \times 66,6 = 0,67$$

$$b - y = 0,01 \times 75,0 = 0,75$$

$$c - y = 0,01 \times 100,0 = 1,00$$

$$d - y = 0,01 \times 77,8 = 0,78$$

#### **II.4.1.3 - Topos de Formação - tf**

Fazer somente a comparação e calcular a diferença, entre os topos de formação do poço previsto e poços perfurados, das formações comuns em ambos. Tomar a maior diferença encontrada para se calcular a confiança. Não considerar a diferença entre os topos da primeira formação, que equivale à diferença da lâmina d'água:

$$tf < 100 \text{ m} \Rightarrow y = 1,0$$

$$100 \text{ m} < tf < 300 \text{ m} \Rightarrow y = (260 - 0,6 \text{ tf}) / 200$$

$$tf > 300 \text{ m} \Rightarrow y = 0,4$$

#### **II.4.1.4 - Lâmina D'água - $l_a$**

Tomar a diferença entre a lâmina d'água do poço previsto e a lâmina d'água do poço perfurado:

$$l_a < 100 \text{ m} \Rightarrow y = 1,0$$

$$100 \text{ m} < l_a < 200 \text{ m} \Rightarrow y = (260 - 0,6 l_a) / 200$$

$$l_a > 200 \text{ m} \Rightarrow y = 0,4$$

#### **II.4.1.5 - Distância - $d$**

Calcular a distância entre o poço previsto e o poço perfurado, com as coordenadas UTM (X,Y), fazendo:

$$d = \sqrt{(X_{PP} - X_{PE})^2 + (Y_{PP} - Y_{PE})^2}$$

onde: (X<sub>PP</sub>,Y<sub>PP</sub>) são as coordenadas UTM do poço previsto e  
(X<sub>PE</sub>,Y<sub>PE</sub>) são as coordenadas UTM do poço perfurado.

$$d < 10 \text{ km} \Rightarrow y = 1,0$$

$$0 \text{ km} < d < 30 \text{ km} \Rightarrow y = (26 - 0,6 d) / 20$$

$$d > 30 \text{ km} \Rightarrow y = 0,4$$

#### **II.4.1.6 - Falhas**

Neste item, verificamos se existem falhas entre o poço previsto e o poço perfurado:

Sem falha  $\Rightarrow y = 1,0$

Com falha  $\Rightarrow y = 0,7$

#### **II.4.2 - Navegação do Grafo de Conhecimento**

Os nós de agregação intermediário e/ou de decisão, foram agrupados de acordo com o conhecimento especializado do autor desta dissertação, assim como as relevâncias das ligações (sinapses) de cada evidência a um determinado nó e a relevância das ligações entre os nós. No grafo (fig. II.4.1), a relevância atribuída a todas as ligações foi igual a 1.0.

Para se calcular os valores das agregações, foi utilizada a promediação (consenso).

Em cada nó de decisão intermediário (nós C e I), foi verificado se já haveria condições, de se qualificar o poço analisado de RUIM como correlação, ou então prosseguir as comparações (matching) até chegar ao nó de decisão final (nó K). Nesse nó, o poço analisado é classificado de ÓTIMO, BOM, REGULAR ou RUIM como correlação do poço a ser projetado.

#### **II.4.3 - Resultados da Navegação**

Para a navegação do grafo de conhecimento, foi utilizado o módulo QUEST. O

processamento dos dados da Ficha 01 (Fig. II.3.15, e Ficha 02 (Fig. II.3.16), permite a construção de arquivos de extensão .INC, que vai indexar as pastas de uma gaveta (mesma área ou campo) que contém os poços perfurados, de acordo com a sua classificação: ÓTIMO, BOM, REGULAR E RUIM.

A Fig. II.4.2 mostra um arquivo indexado .INC, criado pelo QUEST. Neste exemplo, estão indexados todos os poços perfurados considerados ótimos poços de correlação para o novo poço a ser projetado.

2 ,AB, 61 , / 3-AB-2-RJS
4 ,AB, 61 , / 7-AB-4D-RJS
6 ,AB, 61 , / 7-AB-6D-RJS
7 ,AB, 61 , / 7-AB-7DA-RJS
10 ,AB, 61 , / 7-AB-10D-RJS
11 ,AB, 61 , / 7-AB-11DA-RJS
12 ,AB, 61 , / 7-AB-12D-RJS
1 ,AB, 61 , / 3-AB-1A-RJS
5 ,AB, 61 , / 7-AB-5D-RJS
9 ,AB, 61 , / 7-AB-9D-RJS

**Figura II.4.2 - Arquivo Indexado  
ÓTIMO.INC**

#### ***II.4.3 - Quantidade de Poços de Correlação para as análises***

À medida que os poços em uma determinada área/campo vão sendo perfurados, vai haver um maior número de poços que poderão ser escolhidos como correlação, e vai haver uma evolução do conhecimento sobre esses poços.

Após definidas as classificações dos poços perfurados, é evidente que quanto maior for o número escolhido dos mesmos, maior quantidade de informações o especialista terá em mãos, e se souber manipular, poderá aproveitá-las de maneira mais efetiva para as análises para o próximo poço. Às vezes, apenas um poço poderá dar todas as informações de que se necessita, principalmente se este for recente, mas em geral isso é difícil de ocorrer.

É difícil definir com exatidão o número de poços de correlação necessários, para se estudar de maneira satisfatória todos os aspectos envolvidos num projeto de perfuração. Mas como a proposta é informatizar o processo de elaboração do projeto de perfuração, precisamos definir como quantificar e escolher os poços de correlação.

#### *II.4.3.1 - Como quantificar e escolher dentre os melhores poços de correlação*

Como nem sempre quantidade significa qualidade, escolher os melhores dentre os melhores disponíveis, é uma necessidade, principalmente devido à dificuldade de se controlar um número muito grande de informações. Portanto devemos seguir algumas regras para essa escolha, principalmente se houver igualdade em alguns dos critérios:

- a - Classificação: os poços com melhor grau na classificação.
- b - Data: os mais recentes
- c - Formação: os que têm maior número de semelhanças
- d - Distância: os mais próximos
- e - Quantidade: pelo menos 5

#### II.4.3.2 - *Comentários sobre as regras criadas para a escolha*

a - **Classificação:**- É evidente que a primeira verificação, é quanto ao grau na classificação. A princípio tomar os melhores classificados.

b - **Data:**- De maneira geral nos poços mais recentes, quando da elaboração do seu projeto, devem ter sido tomados cuidados, que tentassem evitar os problemas e as ocorrências anormais dos poços mais antigos. Portanto podemos considerar que a cada novo projeto, houve evolução dos projetos dos poços mais recentes.

Mas os poços antigos não devem ser desprezados, principalmente se tiverem um grau de correlação melhor do que os recentes, já que muitas análises na definição do posicionamento das sapatas independem da antiguidade dos poços. Como exemplos podemos citar a litologia perfurada, ocorrências anormais, etc.

Com o avanço tecnológico das brocas, com melhores performance tanto na taxa de penetração como na vida útil, para se analisar as brocas utilizadas, muitas vezes é melhor se tomar um poço mais recente mesmo com uma classificação pior do que um outro muito antigo. Podemos considerar como poços mais recentes os perfurados de meados da década de 80 para cá, que foi quando se iniciou a utilização com mais intensidade das brocas tipo draga, e foram introduzidas melhorias tecnológicas nas brocas tipo Journal.

Por isso aconselha-se, quando os melhores poços de correlação são muito antigos, substituir pelo menos 2 por poços mais recentes.

c - **Formação:**- Quanto maior o número de semelhanças que existirem nas formações, maior confiabilidade poderemos ter nos estudos.

d - **Distância:**- Quanto mais próximo um poço estiver de outro,

normalmente mais semelhanças eles têm, principalmente se estiverem no mesmo campo.

- e - Quantidade: - 5 poços, é uma boa quantidade para se conseguir todos os dados necessários para um bom estudo para o projeto a ser elaborado, não é necessário salientar que quando os dados disponíveis não são suficientes, devem ser acrescentados outros poços como correlação. Esse número se baseia principalmente na experiência dos especialistas.

## ***II.5 - GRAFO PARA O POSICIONAMENTO DAS SAPATAS DOS REVESTIMENTOS***

À medida que os poços são perfurados em uma determinada área ou campo, mais conhecimento os especialistas irão obter sobre os aspectos envolvidos na perfuração de um poço desta área. A cada projeto, este aprendizado é incorporado para melhorar a performance das operações de perfuração, e se tornarem cada vez mais seguras e econômicas. Estas mudanças podem incluir os procedimentos operacionais, equipamentos, materiais, e o posicionamento das sapatas dos revestimentos.

Em uma área na qual já existem alguns poços perfurados, há uma certa padronização do projeto. Normalmente, o último poço perfurado na área, incorpora todo o conhecimento dos especialistas quando da elaboração do projeto, onde se procura evitar todos os erros cometidos e minimizar as ocorrências anormais surgidos nos poços de correlação.

A não ser que surjam ocorrências anormais que tragam problemas para se concluir o poço com segurança e/ou os custos se elevem a um patamar acima dos padrões normais para a área, dificilmente o posicionamento das sapatas, neste estágio, é modificado.

Na Companhia, existe uma certa padronização na aquisição de equipamentos como revestimentos, cabeça de poço, etc., e as companhias prestadoras de serviço são poucas e limitadas por contrato. Estes fatores limitam ainda mais a possibilidade de se modificar o posicionamento das sapatas.

Devido a essas considerações, o projeto do último poço de correlação perfurado na área pode ser chamado de "projeto padrão" da área.

### ***II.5.1 - Evidências***

O grafo construído para o posicionamento das sapatas (Fig. II.5.1), toma os problemas ocorridos devido às ocorrências anormais e os custos dos poços perfurados, como as duas evidências que melhor caracterizam a necessidade de se estudar a modificação de um projeto, que refletem os aspectos mais importantes na elaboração de um projeto: o aspecto técnico e o aspecto econômico.

Os grafos de conhecimento para a detecção das causas das ocorrências anormais (vide seção II.5), com isso ganham maior dimensão, e para se efetuar a comparação dos custos envolvidos, há a necessidade de se procurar uma certa padronização nos cálculos dos valores envolvidos.

#### *II.5.1.1 - Problemas no último poço de correlação*

As variáveis linguística utilizadas para definir a evidência "Problemas no último poço de correlação", são: Muito grave, Grave, Médio e Sem Problemas.

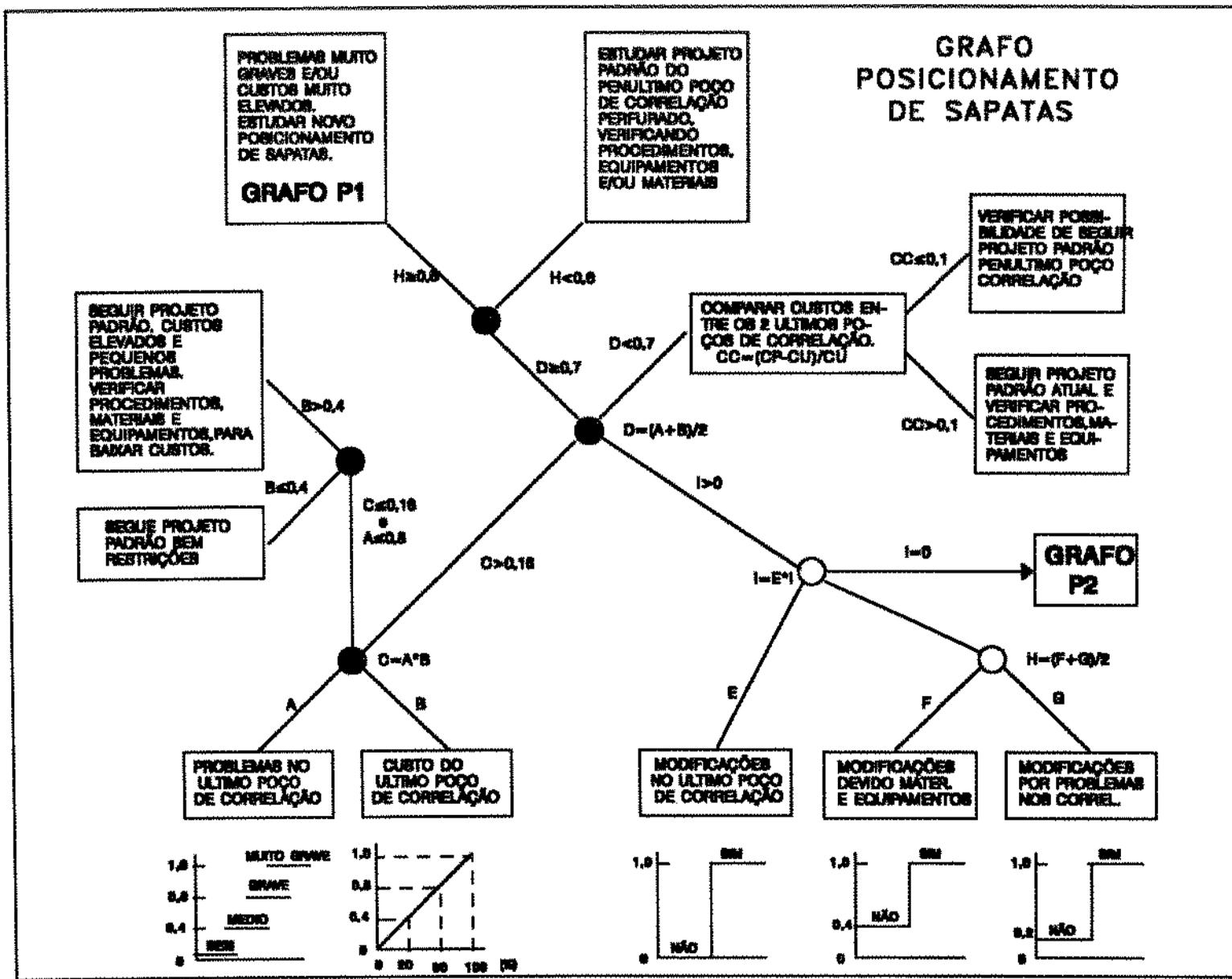
São considerados "Muito grave", os problemas que afetam diretamente a segurança do poço, e não ocorrem costumeiramente nos poços de correlação. Exemplos: "Kick" devido a pressão anormal, perda de circulação próximo a zonas produtoras, etc.

Os problemas denominados de "Grave" são aqueles que necessitam de um acompanhamento rígido da operação e são inerentes à área, que podem trazer grande perda de tempo. Exemplos: Repasses com drags devido a litologia (argila plástica), etc.

Os problemas chamados de "Médio", são os que podem ser perfeitamente evitados, desde que sejam utilizados procedimentos, materiais e equipamentos adequados.

Todos esses problemas se não forem adequadamente controlados, podem acarretar a perda do poço.

Figura II.5.1 - Grafo de Posicionamento de Sapatas



### *II.5.1.2 - Comparação de Custos de Poços Perfurados*

A comparação de custos calculados com valores reais dos equipamentos e materiais utilizados na perfuração, nem sempre se traduz em resultados coerentes. Muitas vezes os valores envolvidos na perfuração dos poços de uma mesma área, principalmente da taxa diária de uma plataforma, são completamente diferentes, fazendo com que as conclusões, às vezes, se tornem errôneas.

Os setores envolvidos com o projeto, normalmente não são os responsáveis pela indicação da plataforma que deve perfurar um novo poço, e muitas vezes, nem pelo posicionamento da mesma nos poços direcionais. Devido a isso, poços com configuração semelhantes podem ter custos reais totalmente diferentes. Para que a comparação do custo reflita uma melhor avaliação dos valores envolvidos, é necessário que existam regras para se efetuar essa comparação.

A análise de custo do poço perfurado então, vai ser feita calculando a porcentagem, do custo previsto de cada poço (ou por fase) e o custo dos gastos efetivamente realizados. A evidência "Custo do último poço de correlação", envolve o cálculo feito dessa maneira.

Se houver a necessidade de comparação do custo global da perfuração entre vários poços, os gastos devem ser calculados, com o mesmo valor da taxa diária de uma plataforma.

### *II.5.2 - Navegação do grafo*

Na Fig. II.5.1, com as principais evidências consideradas, vão ser tomadas diversas decisões, com recomendações e indicativos da necessidade de se seguir ou não o "projeto padrão" do último poço de correlação.

Para o cálculo da agregação no nó C, é utilizado um produtório entre os valores

da confiança das evidências, cujo resultado indicam duas decisões:

- 1 - Custos baixos e problemas de mediana gravidade, cuja recomendação é seguir o "projeto padrão" sem restrições, ou;
- 2 - Custos mais elevados e poço sem problemas, em que se recomenda seguir o "projeto padrão", mas devem ser verificados os procedimentos, materiais e equipamentos cuidadosamente para reduzir os custos.

Para problemas muito graves e custo efetivamente realizado menor ou igual ao custo previsto, e para as demais combinações, o nó C se torna um nó intermediário, necessitando de outras evidências para a tomada de decisão.

Essas outras evidências, estão relacionadas com as modificações por ventura efetuadas no último poço de correlação e os motivos dessas modificações. As três evidências escolhidas, são agregadas no nó intermediário I, que determina qual o caminho a seguir:

- 1 - Agregação ao nó D, caso tenha havido modificação no último poço de correlação, ou;
- 2 - Em caso contrário para o Grafo P2, que deve ser construído numa próxima etapa.

A promediação ponderada utilizada na associação no nó de decisão D, permite duas decisões:

- 1 - Problemas muito graves e/ou custos excessivamente altos. Aqui, a decisão será tomada em função das razões para a modificação. Se os motivos para a modificação no projeto foi devido a problemas nos poços

anteriores, a recomendação é estudar um novo posicionamento de sapatas.

Para isso devem ser construídos diversos grafos para cada problema muito grave conhecido, para se decidir realmente da necessidade de uma modificação, fornecendo possíveis indicações para o novo posicionamento das sapatas. Esses grafos estão indicados por "Grafo P1", que devem ser construídos numa próxima etapa.

Se os materiais e/ou os equipamentos, forem as razões da modificação no projeto, recomenda-se verificar a possibilidade de voltar ao projeto do poço de correlação anterior, verificando-se os procedimentos, materiais e equipamentos, ou;

- 2 - Problemas relativamente graves e custos elevados. Neste caso, para se decidir entre seguir o projeto padrão do último correlação ou voltar para o projeto do correlação anterior, deve ser efetuada uma comparação de custos dos dois poços.

### ***III - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES***

A teoria e as técnicas disponíveis e conhecidas da *Inteligência Artificial* empregadas neste trabalho, tais como: Lógica Nebulosa, Redes Neurais Nebulosas, etc., se mostraram adequadas, para o desenvolvimento do sistema aqui proposto. Esta dissertação inicialmente, propunha-se à construção de um sistema especialista para o posicionamento das sapatatas dos revestimentos, adquirindo o conhecimento de especialistas e da base de dados disponível na companhia, os BDPs. Mas devido à inconsistência dessa base de dados, para se obter o conhecimento, reconheceu-se a necessidade de se organizá-la e completá-la de modo adequado. Isto provocou uma reavaliação e ampliação do projeto, cujo objetivo, passou a ser o desenvolvimento de um ambiente inteligente para auxiliar os especialistas no desenvolvimento de um projeto de perfuração.

A aquisição do conhecimento da base de dados, foi a parte do estudo, em que ocorreram as maiores dificuldades para o prosseguimento da dissertação. Porém, se o sistema inicial para o posicionamento das sapatatas, se tornou uma pequena parte do *SIPROPER* (Sistema Inteligente para Elaborar um Projeto de Perfuração), a necessidade de organizar a base de dados forneceu a oportunidade de aplicar outras técnicas disponíveis na IA, além daquelas que seriam utilizadas inicialmente, e principalmente mostrou a necessidade de reestruturar essa base de dados.

A reestruturação da base de dados se evidenciou, quando se fez necessária a aquisição de conhecimento das causas das ocorrências anormais, pois a base de dados utilizada dificilmente fornecia essas causas, e as informações (evidências) necessárias para se encontrá-las.

Com a construção dos grafos, que expressa o conhecimento do especialista, ficou ainda mais clara a necessidade dessa reestruturação, pois mesmo que não se utilize um sistema especialista para se analisar um poço perfurado, essas evidências sempre serão úteis e necessárias ao especialista para as suas análises.

O aglomerado de informações pela qual se caracteriza a base de dados utilizada, mostrou a necessidade de sintetizá-la, para um acesso mais fácil e organizado pelo sistema, e principalmente para se ter em um arquivo eletrônico, de maneira resumida e analisada todas as ocorrências anormais durante a perfuração. Para completar, no denominado "Relatório Final" devem constar todas as informações úteis obtidas pelos especialistas, desde a elaboração do projeto até a conclusão do poço, para auxiliá-los em futuros projetos.

A explicitação do conhecimento dos especialistas em Grafos de Conhecimento, que se baseiam em Redes Neurais Nebulosas, mostraram-se adequados, devido a facilidade de se visualizar o problema em questão, e principalmente pela facilidade de se efetuar a manutenção (aprendizado evolutivo) de correções necessárias tais como: evidências, cálculos das confianças, relevâncias para as agregações, métodos para os cálculos, etc.

A atividade de elaboração do projeto de perfuração de um poço de petróleo, é extremamente complexa, devido a quantidade muito grande de informações e dados que os especialistas devem manusear e a necessidade de uma enorme especialização desses elementos, que devem ter o conhecimento profundo da operação de perfuração e de uma série de atividades correlatas.

A informatização dessa atividade, devido a sua abrangência, têm se mostrado muito complexa, pois as diversas etapas que a compõem, necessitam de tratamentos diferenciados e que tentam cobrir todas as possíveis variantes. A preparação desse trabalho, permitiu a construção e modelagem de um esquema completo para auxiliar os especialistas na elaboração de um projeto de perfuração. A exiguidade de tempo, não permitiu o completo desenvolvimento de algumas etapas desse sistema.

Porém nesta fase, foi definida e testada a estrutura geral do sistema, bem como as principais ferramentas computacionais necessárias para a implementação total do sistema. Esta implementação deverá ser gradativa, envolvendo:

- 1 - A aquisição de conhecimento de outros especialistas na Companhia,;
- 2 - Um trabalho de convencimento de vários setores, para se aprimorar a estrutura de dados das bases do BDP, e do ROA (Relatório de Ocorrência Anormal),
- 3 - Desenvolvimento da base BDPK (base de dados no sistema KARDS), e;
- 4 - Finalmente o treinamento de usuários na utilização do sistema.

## *Referências Bibliográficas*

- [1] Alegre, L.  
1990, "Inteligência Artificial e seu Potencial de Uso na Indústria do Petróleo", Petrobrás.
- [2] Alegre, L.  
1991, "Inteligência Artificial e Sistema Especialista Aplicado à Indústria do Petróleo", notas de aula - Unicamp.
- [3] Araribóia, G.  
1988, "Inteligência Artificial, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.", Rio de Janeiro.
- [4] Araujo, L. A. P.  
1991, "Sistema Inteligente à Decisão em Métodos Especiais de Recuperação de Petróleo", Tese de Mestrado, Departamento de Informática - PUC - RJ.
- [5] Cram, R. S. & Mellish, C. S.  
1986, "An Investigation into the Application of Expert Systems to MatrixTreatment Design", SPE 15602.
- [6] Damron, E. B. & Schulze, R. T. & Bochsler, D.C.  
Feb,6,1989, "Well control becomes target for expert systems", Oil & Gas Journal - pg 35/40.
- [7] Eckles Jr., W. W.  
08/1991, "Expert System for Casing and Tubing Strings", Petroleum Engineer International - pg. 55/58.
- [8] Ferreira, Aurélio Buarque de Hollanda  
1943, "Pequeno Dicionário da Língua Portuguesa", 9 edição, Editora Civilização Brasileira S. A., RJ.
- [9] Greco, G. & Rocha, A. F. & Rocha, M. T.  
1984, "Fuzzy Logical Structure of a Text Decoding", Proc. 6th International Congress of Cybernetics and Systems I - pg. 193/198, Paris.

- [10] Greco, G. & Rocha, A. F.  
1987, "The Fuzzy Logic of a Text Understanding", *Fuzzy Sets in Psychology* -  
pg. 297/319, Elsevier, Amsterdam.
- [11] Greco, G. & Rocha, A. F.  
1988, "Brain Activity and Fuzzy Belief", in: *Fuzzy Sets in Psychology*, Zeteny,  
T. (ed.), *Advances in Psychology*, North Holland, Vol 56, pg. 297/320.
- [12] Hayes-Roth, F. & Waterman, D. A. & Lenat, D. B.  
1983, "Building Expert Systems", Addison-Wesley Pub. Co., London
- [13] Hornby, A.S.  
1989, "Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English", Fourth Edition,  
Oxford University Press.
- [14] Idagawa, L & Chita, L. C.  
1989, "Manual de Projetos de Perfuração - Critérios", Deper/Diperf/Seperf -  
Petrobrás.
- [15] Kendell, H. A.  
1991, "Intelligent Systems Application: Field Drilling Procedures", SPE 22303 -  
pg 139/143.
- [16] Kolodner, J. L.  
1991, "Improving Human Decision Making through Case-Based Decision  
Aiding", *AI Magazine* - pg 52/68.
- [17] Leão, B. F. & Rocha, A. F.  
1990, "Proposed Methodology for Knowledge acquisition: A study on congenital  
heart disease diagnosis", *Methods Information Medicine* - pg. 30/40.
- [18] Machado, R. J. & Rocha, A. F.  
1989, "Handling Knowledge in High Order Neural Networks: The Combinatorial  
Neural Model", in: *Neural Theory and Architecture of International Joint  
Conference on Neural Networks*, Washington.
- [19] Machado, R. J. et al  
1990, "Efficiente Methods for Inference and Inquiry in Fuzzy Connectionist  
Expert Systems" in : VII SBIA, Campina Grande, PB.

- [20] Machado, R. J. & Rocha, A. F.  
1992, "A Hibrid Architecture for Fuzzy Connectionist Expert Systems" Intelligent Hybrid Systems, Kaendel, A. & Langholz, G., (eds), CRC Press, USA.
- [21] Miller, G. A.  
1956, "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", *Psychological Review*, 63 - pg. 81/97.
- [22] Minsky, M.  
1989, "A Sociedade da Mente", Francisco Alves, Rio de Janeiro.
- [23] Miura, K.  
1991, "Método para Aquisição e Representação de Conhecimento sobre Procedimentos Operacionais em Serviço de Completação de Poços Marítimos", Tese de Mestrado - Unicamp.
- [24] Olson, D. R.  
1980, "On Language and Literacy", *International J. Psycholinguistics* - pg. 69/82
- [25] Rich, E.  
1988, "Inteligência Artificial", McGraw-Hill, São Paulo.
- [26] Rocha, A. F. & Theoto, M. & Arruda, H. O. & Dancini, D.  
1985, "Disclosing Properties of Medical Reasoning", Unicamp, Dept° de Fisiologia e Biofísica.
- [27] Rocha, A. F. & Theoto, M. & Torasso, P.  
1985, "Specialized Speech: a First Prose for Language Expert Systems", *Information Sciences* - pg. 193/210.
- [28] Rocha, A. F.  
1990, "Brain Activity During Language Perceptions", in: *Systems & Control Encyclopedia*, Singh, M. G. (ed.), Pergamon Press, Suppl. Vol. - pg. 38/46.
- [29] Rocha, A. F.  
1990, "Brain Activity during Language Perception", in: *Singh, M. G. Systems & Control Encyclopedia Theory, Technology, Applications V.1 Supplementary pag. 38/46*, Pergamon Press, Oxford.

- [30] Rocha, A. F.  
1990, "K-Neural Nets and Expert Reasoning", International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks 1 - pg. 143/146 , Iizuka, Japan.
- [31] Rocha, A. F.  
1990, "Smart Kards (c) : Object Oriented System for Approximate Reasoning", Proc. NAFIPS'90 - pg. 71/74, Toronto, Canada.
- [32] Rocha, A. F. & Theoto, M.  
1991, "Searching Fuzzy Concepts in a Natural Language Data Base", in: Pedrizzi, M. & Kacprzyck, J. & Roubens, M. (Eds.) Interactive Fuzzy Optimization and Mathematical Programming , Springer-Verlag.
- [33] Rocha, A. F. & Theoto, M. & Theoto Rocha, M.  
1991, "Investigating Medical Linguistic Variables".
- [34] Rocha, A. F. & Guilherme, I. R. & Theoto, M. T. & Miyadahira, A. M. K. & Koizumi, M. S.  
1992, "A Neural Net for Extracting Knowledge from Natural Language Data Bases", IEEE Transaction Neural Networks Special Issue on Fuzzy Sets to Appear.
- [35] Rocha, A. F.  
1992, "Neural Nets: A Theory for Brains and Machines". Livro publicado na Alemanha.
- [36] Sgall, E. P. & Hajicova, E. & Benesova, P.  
1973, "Topic Focus and Generative Graar Scriptor Kronberg".
- [37] Sager, N.  
1987, "Information Formatting of medical Literature", in: Sager, N. & Friedman,C. & Lyman, M. S., Medical Language Processing - Computer Mangement of Narrative data - pg. 197/220, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- [38] Sager, N.  
1987, "Computer Processing of Narrative Information", in: Sager, N. & Friedman,C. & Lyman, M. S., Medical Language Processing - Computer Mangement of Narrative data - pg. 197/220, Addison-Wesley, Reading, Mass.

- [39] Sato, A. T.  
1989, "Otimização dos Projetos de Perfuração no Campo de Albacora", 2º ETIEAP - Petrobrás, RJ.
- [40] Sato, A. T. & Gravina, C. C. & Lima Jr, J. V. & Roque, J. L. & Irokawa, Y & Cherwinsky, R.  
1991, "SEPRI - Sistema Evita Prisão", DEP - Curso IA - Unicamp.
- [41] Sowa, J. F.  
1984, "Conceptual Structures: Informations Processing in Mind and Machine", Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Massachusetts.
- [42] Theoto, M. et al  
N/D, "Comparing Expertise and the Experts' Data Base". (Unpublished)
- [43] Theoto, M. & Santos, M. R. & Uchiyama, N.  
1987, "The fuzzy Decodings of Educative Texts", Fuzzy Sets and Systems - pg. 331/345.
- [44] Theoto, M.  
1990, "Text understanding on Different Populations: a Technique for Calculation of Consensus", Proc. NAFIPS'90 - pg. 75/78, Toronto, Canada.
- [45] Zadeh, L. A.  
1975, "Fuzzy Logic and Approximate Reasoning", Syntese, Vol 30.
- [46] Zadeh, L. A.  
1978, "PRUF: A Meaning Representation Language for Natural languages", International Journal of Man-Machine Studies, Vol.10.
- [47] Wah, B. W. & Lowrie, M. B. & Li, G.  
1989, "Computers for Symbolic Processing", Proc. IEEE 77/4 - pg. 509/540.
- [48] Waterman, D. A.  
1986, "A Guide to Expert Systems", Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts.

## APÊNDICE A

### A - GRAFO DE CONHECIMENTO

**GRAFO OU GRÁFICO DE CONHECIMENTO** é uma representação de conhecimento em grafos, baseado em redes neurais e lógica nebulosa. A Fig. A.1, mostra que o grafo de conhecimento mantém a compatibilidade com outras representações em grafos (tais como, redes semânticas, roteiros, quadros, e outros) para utilizar as características positivas destas representações, tal como a hereditariedade.

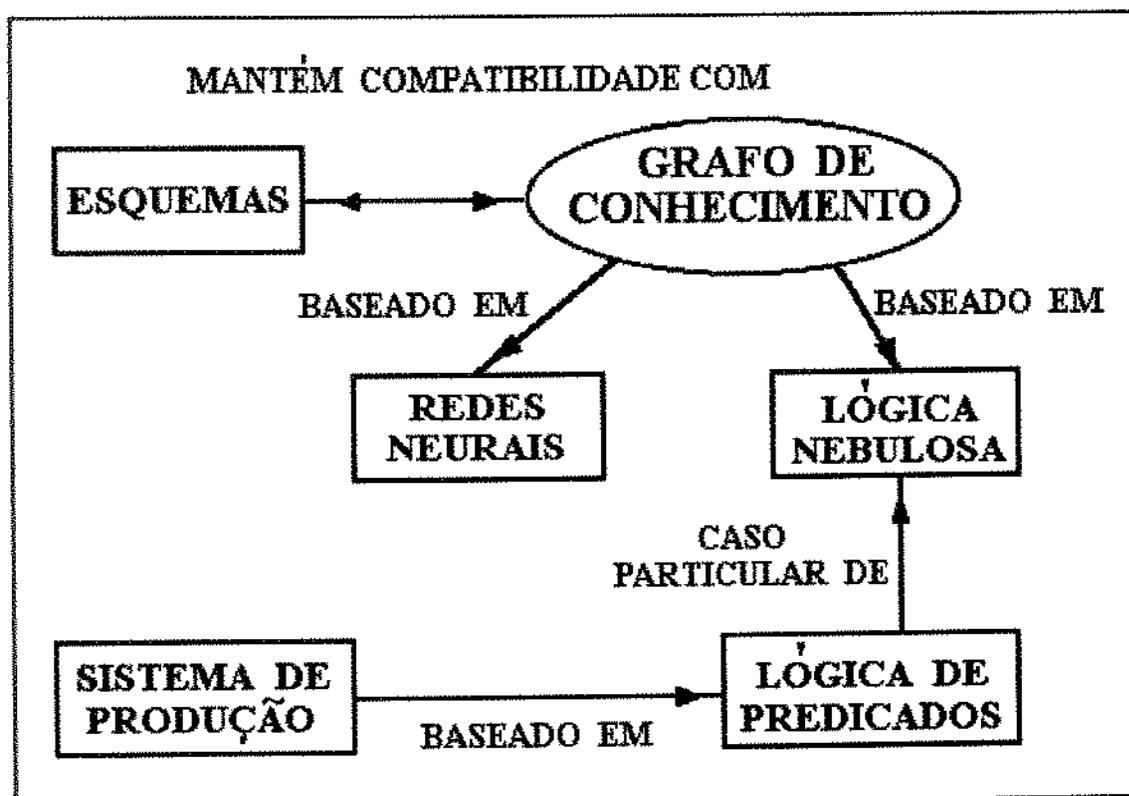


Figura A.1

Mas ao contrário destas representações, o seu mecanismo de inferência está baseado em maximização de confiança (ou minimização de erro) de vários caminhos concorrentes (processamento paralelo de redes neurais, que possibilita o raciocínio não monotônico), cujos operadores (de verificação de compatibilidade, agregação, projeção e matching inverso) são fornecidos pela lógica nebulosa, que possibilitam o tratamento de incertezas.

A lógica clássica (por exemplo, cálculo de predicados) é um caso particular de lógica nebulosa, se os operadores usados no grafo de conhecimento forem simplificados para a tabela de verdade, e pode-se transcrevê-los em coletânea de regras de produção.

O grafo de conhecimento pode ser interpretado como um processo de busca em espaço de estados <sup>[25]</sup>, ou como conjunto de proposições de lógica nebulosa <sup>[45], [46]</sup> que podem ser resolvidas por Modus Ponens Generalizado. Por ser baseado, também, em redes neurais nebulosas, possibilita uma transcrição direta em sistema especialista conexcionista nebulosa <sup>[18], [19]</sup>.

A pesquisa desenvolvida por Rocha et al, tem mostrado que a eliciação de conhecimento, usando esta representação, é extremamente fácil em entrevistas <sup>[35], [17]</sup>, e em análise de textos <sup>[11], [42]</sup>. Segundo <sup>[18], [20]</sup>:

"A representação de conhecimento desenvolvido por Rocha et al, tem sido aplicado com sucesso na eliciação heurística usado no problema de diagnóstico médico e na análise de entendimento de textos.

Nesta pesquisa (problema de diagnóstico médico), uma população de especialistas expressaram seus conhecimentos heurísticos num domínio, através de grafos de conhecimento que codificam a relação entre evidências e hipóteses.

Nesta representação, o especialista expressa seu conhecimento sobre uma hipótese do domínio, pela seleção de um conjunto de evidências apropriadas e pela construção de um grafo acíclico e ponderado a partir destas evidências até a hipótese."

### *A.1 - Representação Gráfica*

O grafo de conhecimento é um grafo direcionado e potenciado, representando o processo de raciocínio, onde:

- A camada de entrada ou os nós terminais representam os dados de entrada, a partir do qual estas informações são propagadas através do grafo. Na Fig. A.2 são as evidências (Ei);
- A camada de saída ou os nós representam as saídas possíveis do grafo (diagnóstico ou tarefas). Na Fig. A.2 são as hipóteses (H);
- A camada intermediária ou os nós intermediários representam as etapas do processo de decisão, em que os agrupamentos dos dados de entrada são induzidos no processo.

Os nós terminais e o nó raiz do grafo de conhecimento são rotulados (isto é, recebem um conceito). Os nós terminais representam os dados de suporte (sinais, sintomas, evidências, etc.) e o nó raiz representa as hipóteses (diagnóstico, tarefas, etc.).

Em todo grafo de conhecimento, existe pelo menos um nó especial, na camada de entrada, chamada de nó disparador (Trigger - T na Fig. A.2) que ativa as hipóteses de um grafo, à espera de evidências conclusivas. A inclusão do nó trigger na camada de entrada está baseada na teoria de Antecipação Esquemática de Otto Seltz <sup>[41]</sup> e na teoria de Processo Controlado pela Expectativa <sup>[28]</sup>.

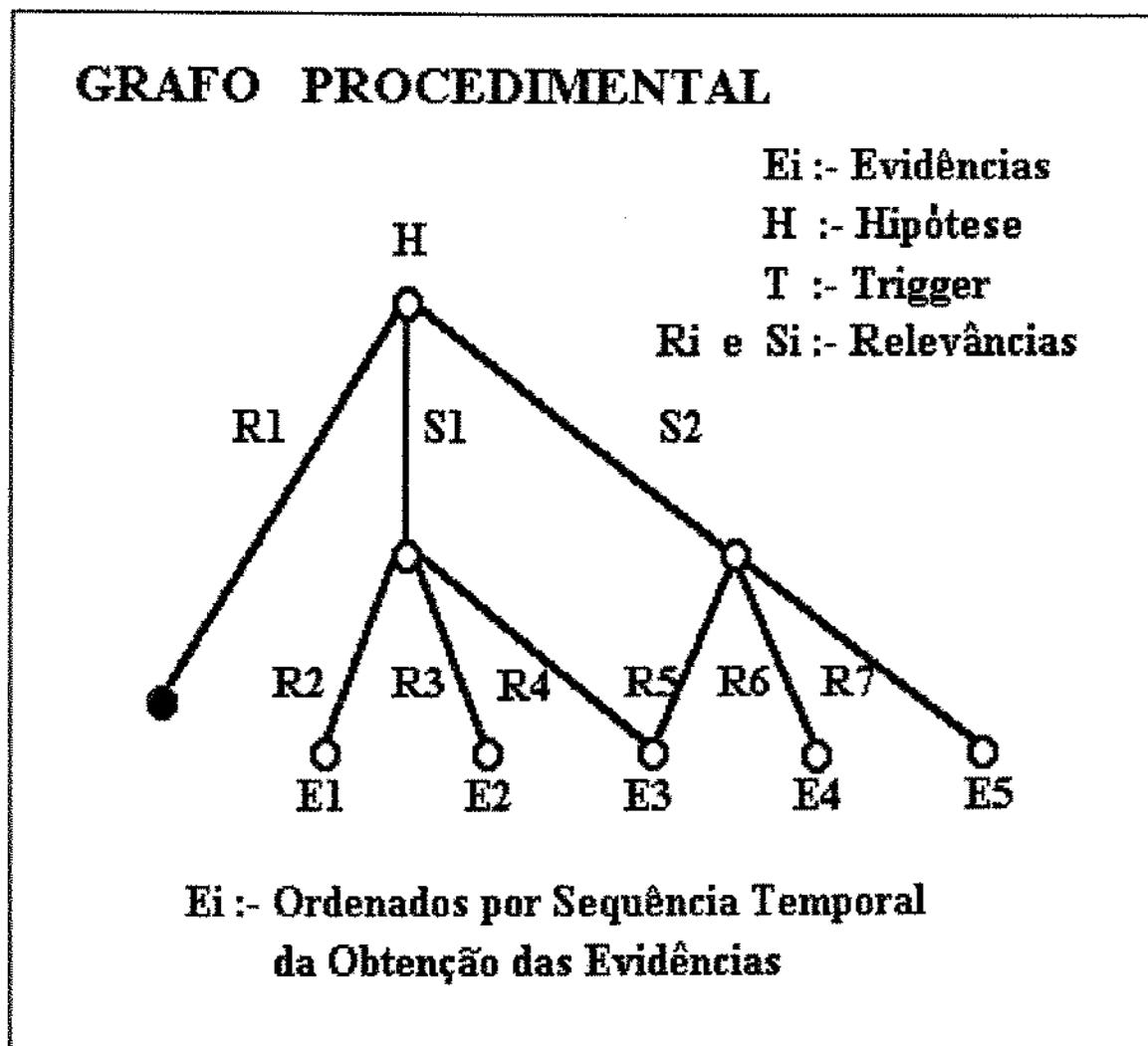


Figura A.2 : Grafo de Conhecimento

#### A.2 - Variáveis linguística, agregação e projeção

A estrutura de dados associado aos nós terminais é uma proposição do tipo  $\{X \text{ é } A\}$ , onde  $X$  é uma variável nebulosa ou linguística, e  $A$  é um conjunto nebuloso ou conjunto de rótulos linguísticos. Estas variáveis podem ser classificadas em proposições atômicas ou composta, e em variáveis quantitativas ou qualitativas. Por exemplo, vazão do fluido de perfuração durante a perfuração de um poço é uma variável atômica e quantitativa (definida por um valor considerado normal para o diâmetro do poço na área),

drag ou arraste pode ser uma variável atômica e qualitativa (definido por ausência, pequeno, moderado, ou alto) e repassamento é uma variável composta e qualitativa (definido por um outro grafo de conhecimento).

Para cada nó intermediário e nó de saída é associado o mesmo operador lógico usado para combinar as informações de entrada neste nó. Em geral, o especialista usa um "OU lógico" no nó raiz, (isto se deve ao fato de que a decisão no nó raiz implica em escolher uma das várias alternativas). Mas, nos nós intermediários, o especialista usa o tipo "a maioria de ou pelo menos  $n$ ", para apoiar a tomada de decisão.

O peso de um arco (sinápsse ou ligação) no grafo de conhecimento, expressa a relevância da informação (na Fig. A.2 - Ri e Si) no seu nó terminal, em suportar a decisão representada no nó raiz.

Cada nó intermediário, em termos da Lógica Nebulosa, é uma composição de operações de agregação e projeção. Na operação de agregação pode ser usada qualquer norma triangular (T-norm), tais como: média, máximo, produto, e outros. E na operação de projeção, o valor de confiança resultante da operação de agregação, é normalizado e pode ser projetado com diferentes graus de confiança para cada um dos arcos que saem do nó. Logo o nó intermediário pode ser de dois tipos: nós de agregação e nós de decisão.

Os nós de agregação representam variáveis nebulosas e aparecem em todos os grafos de conhecimento. São proposições do tipo  $\{Y \text{ é } C\}$  (vide Fig. A.3).

Os nós de decisão codificam a variável linguística e aparecem apenas em grafos de conhecimento procedimentais. São proposições do tipo  $Y \text{ é } \{E, F, G\}$  (vide Fig. A.4).

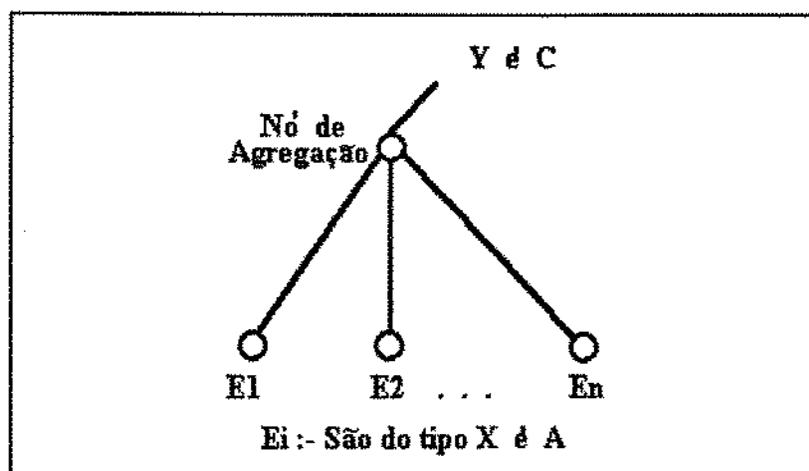


Figura A.3 : Nó de Agregação

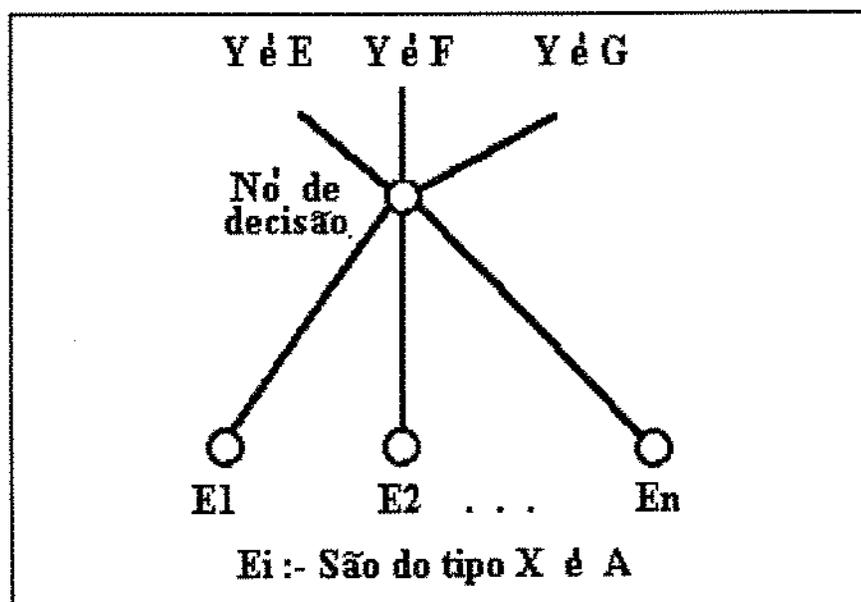


Figura A.4 : Nó de Decisão

A diferença básica entre estes nós é que, nos nós de agregação, o valor da confiança é transmitido através de todos os arcos deixando o nó, e no caso de nós de decisão, o valor da confiança é recodificado nos diferentes rótulos linguísticos, e cada um destes rótulos, são atribuídos a um dos arcos deixando o nó.

Os nós de decisão podem direcionar o fluxo de processamento no grafo de conhecimento, de acordo com o valor de confiança  $\sigma_b$  calculado no nó, e são usados para implementar proposições do tipo:

Dado:  $\sigma_b = Q\{[(X \text{ é } A) \cdot w_1] \text{ e } \dots\}$

Se  $\alpha_{i-1} \leq \sigma_b \leq \alpha_i$

Então Y é B<sub>i</sub>

onde B<sub>i</sub> ∈ B, são conjuntos de termos linguísticos associados a variável {Y é B}.

### A.3 - Rede de Grafos

Como os nós de decisão podem direcionar o fluxo de raciocínio para as várias hipóteses alternativas (e competidoras) relacionadas, estes nós são elementos chaves para aglutinar os grafos de conhecimento numa rede de conhecimento para representar todo o conhecimento de uma área de especialização (Fig. A.5). Neste caso, os nós de decisão podem direcionar o fluxo de raciocínio de um grafo de conhecimento para outro, sempre que a hipótese representada num grafo não tem sucesso na tentativa de prová-lo.

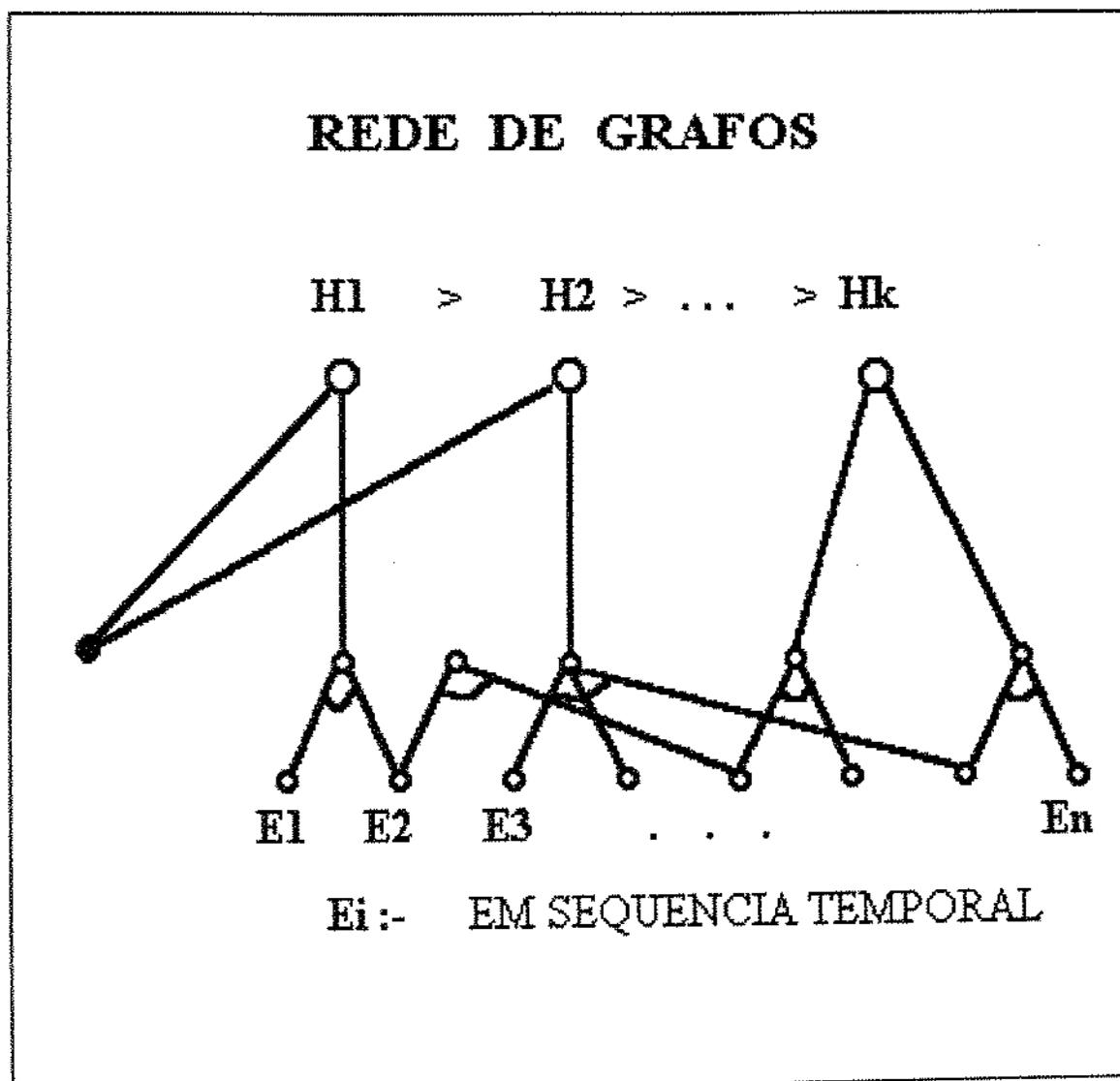


Figura A.5 : Rede de Grafos de Conhecimento

#### A.4 - Características

A seguir, algumas propriedades observadas na eliciação de conhecimento <sup>[27], [35]</sup>,

Em entrevistas:

- 1 - A complexidade do grafo de conhecimento está diretamente relacionada com a

dificuldade do diagnóstico;

- 2 - O grafo de conhecimento elaborado por especialistas é menor e mais conciso (crispy) que os grafos elaborados por não-especialistas;
- 3 - Os valores de relevância (pesos) associados aos arcos quando fornecidos por especialistas, são maiores que os valores fornecidos por não-especialistas.
- 4 - Os valores de relevância aumentam a partir de nós terminais até o nó raiz com ganho na rede, tal que os valores atribuídos aos arcos que chegam ao nó raiz são maiores que o máximo de outros arcos (especialistas).
- 5 - O especialista junta informações para ter um ganho na rede de confiança, para a tomada de decisão. A agregação de cada nó intermediário é uma função não-linear dos produtos da relevância por confiança de todos os arcos de entrada.

Em análise de textos:

- 6 - A probabilidade de uma frase ser lembrada é uma função linear da confiança média na frase, compartilhada pela população <sup>[11]</sup>. Em geral, as pessoas lembram apenas das frases que tenham confiança maiores que 0,5.
- 7 - O grau de dispersão do grafo médio não é alto, embora seja dependente <sup>[42]</sup> do tipo do texto e da especialização da população alvo. Populações menos especializadas produzem grafos menores que populações bem treinadas.
- 8 - O conteúdo dos grafos médios fornecem um texto médio que descreve a compreensão média do texto original, pela população entrevistada.
- 9 - Os conteúdos dos textos médios estão correlacionados com o conhecimento

prévio da população entrevistada.

A partir destas observações, podemos deduzir que um indivíduo se torna especialista numa determinada área, quando consegue acumular um certo número de conceitos do domínio em questão, e priorizar determinadas relações entre os conceitos, diminuindo as possibilidades combinatórias destes conceitos, a fim de melhorar a navegabilidade nesta rede de conceitos.

Os não-especialistas, por sua vez, tendem a ter um foco mais disperso sobre as evidências disponíveis, por isso, têm que manter um número maior de relações, dificultando a navegabilidade na rede, e como consequência a dificuldade em se chegar a uma solução de um problema.

Mas a principal característica que se obtém destas observações, sobre grafos de conhecimento, é a entropia adequada para representar o conhecimento especializado e sua facilidade de entendimento, e por consequência, a facilidade de transmissão do conhecimento de um indivíduo para outro.

Uma das vantagens dos grafos de conhecimento sobre outras representações é a capacidade de representar as agregações e projeções calculáveis (baseado na lógica nebulosa), que possibilita tratar as incertezas, descrito em <sup>[35]</sup>:

"Como a agregação é uma função não-linear e baseado na noção de *"a maioria ou pelo menos N"* dos arcos que chegam ao nó, é permitida a tomada de decisão sob a ignorância de alguns dados de entrada. Isto é muito importante, pois sempre que um dado de baixo custo, fornece alta confiança na decisão, testes caros e de risco podem ser evitados. Além disso, os casos atípicos podem ser reconhecidos, mesmo que alguma evidência esteja faltando."

#### ***A.5 - Mecanismo de Inferência***

Segundo <sup>[35]</sup>, a tomada de decisão é feita da seguinte maneira:

"O especialista navega o grafo de conhecimento pela propagação da confiança na informação coletada. Ele começa calculando a confiança nos nós terminais, como a compatibilidade (matching) entre as descrições disponíveis e prototípicas dos dados de entrada:

- A confiança nas variáveis atômicas e quantitativas é investigada, solicitando ao especialista, que atribua um grau de verdade (no intervalo fechado  $[0,1]$ ) para aceitar valores diferentes como representativos do conceito encorpado pela variável.
- A confiança nas variáveis atômicas e qualitativas é estudada, solicitando ao especialista que atribua rótulos (por exemplo, alto, baixo, etc.) para variações do mesmo conceito.
- A confiança nas variáveis compostas obedecem às mesmas regras para o cálculo de confiança no grafo de conhecimento.

A confiança nos nós intermediários é uma função (não-linear) do produto da relevância  $w_i$  (peso dos arcos) pela confiança  $c_i$  propagada através dos arcos, para todos os arcos de entrada. Normalmente, a maioria de ou pelo menos  $N$  de dados de apoio são suficientes para garantir a tomada de decisão. Apenas em poucas situações, a agregação usa a regra E (AND) lógico, que requer que todos os dados sejam considerados (por exemplo,  $\min [w_i, c_i]$ ).

A confiança no nó raiz é calculado como o máximo do produto da relevância pela confiança, obtida entre todos os arcos que chegam ao nó. A agregação no nó raiz é considerado "OU lógico" (pelo menos um). Esta confiança expressa a confiança na decisão sobre o diagnóstico que este nó representa."

### *A.6 - Estratégia de Controle*

Numa base de conhecimento, construído a partir de grafos de conhecimento, a estratégia de controle seria:

Passo 1:- Uma rede de grafos de conhecimento é selecionada, ativando-se o seu disparador (trigger) comum. Ativado o disparador, a hipótese (grafo) com arco de maior relevância, saindo do disparador e chegando a esta hipótese, é testado.

Geralmente, se escolhe como um disparador uma classe de problemas ou de procedimentos similares. Esta classe pode ser definida, por exemplo: como um agrupamento de problemas (procedimentos) que ocorrem (são executados) numa determinada fase; ou como um agrupamento de um determinado tipo de problemas (procedimentos) que podem ocorrer em diversas fases.

A classe escolhida deve ser suficientemente genérica para acionar todos os grafos correlacionados com o problema em análise, e suficientemente característico para não acionar a totalidade dos grafos da base de conhecimento.

Passo 2:- Teste do grafo de conhecimento. Os rótulos dos nós de entrada deste grafo, são comparados com as evidências disponíveis (processo de matching). Esta comparação é feita nó a nó, seguindo a disposição sequencial dos nós. Para cada nó instanciado, o seu valor de confiança  $[0,1]$  é propagado através dos arcos saindo do nó. Este ciclo termina quando a hipótese é confirmada pelas evidências, ou quando todos os nós terminais do grafo forem instanciados, mesmo que a hipótese não seja confirmada.

Passo 3:- Se a hipótese for confirmada, a mensagem (diagnóstico,

procedimentos, ou disparador para uma rede de grafos num nível elevado) é emitida e FIM.

Caso contrário (todos os nós terminais instanciados), a hipótese (grafo) com o arco com o próximo maior valor de relevância é testado (passo 2). Se todos os grafos da rede forem testados, e a hipótese não se confirmar, significa que não há conhecimento disponível para a solução do problema na base de conhecimento, e uma mensagem condizente deve ser emitida (por exemplo: EVIDÊNCIAS OU CONHECIMENTO INSUFICIENTES PARA RESOLVER O PROBLEMA).

*Obs: Apêndice A - texto baseado em [23] e [35].*

## APÊNDICE B

Este apêndice é uma tradução livre de alguns itens do capítulo VIII do livro "NEURAL NETS: A Theory For Brains and Machines"<sup>[135]</sup> do prof. A. F. da Rocha, que contém muitas das explicações, para a utilização de um programa computacional, para analisar textos em linguagem natural.

### ***B - JARGÃO - UM AMBIENTE NEURAL PARA O PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM***

***B.1 - Jargão:*** um subconjunto especializado da linguagem natural.

As linguagens humanas têm três diferentes funções:

- B.1a) comunicação:*** são usadas para mover modelos de uma Rede Neural Nebulosa para outra;
- B.1b) cognição:*** ("cognition" - action or process of acquiring knowledge, by reasoning or by intuition or through the senses<sup>[13]</sup>) fornece um conjunto de operadores usados para captar ("to craft") um novo modelo de um conhecimento prévio. Assim, tomam importante papel no aprendizado dedutivo, e
- B.1c) arquivo:*** armazenam um conjunto de modelos de raciocínio usados pela cultura servida por ela.

As linguagens humanas nos fornecem com uma amostra de significados comuns, centrados em esquemas básicos, roteiros ou quadros relacionados, para nossa sobrevivência no mundo físico e na sociedade <sup>[48]</sup>. Neste sentido, as falas ("utterance" - action of uttering or expressing things in words <sup>[13]</sup>) humanas formam um sistema de significado de referências próprias.

Todavia, os humanos também modificam os significados das palavras para falar de suas individualidades <sup>[24]</sup>. Neste uso, as falas humanas se tornam um sistema aberto, com significado referente a cada contexto individual. Por isso, as linguagens humanas devem ser tratadas, como sistemas parcialmente fechados, onde se acredita que sempre são avaliadas com respeito à própria linguagem e o contexto do locutor <sup>[11], [26], [27], [29]</sup>.

A linguagem também é uma ferramenta cognitiva. De um lado, fornece os termos usados para marcar pelo menos os neurônios de entrada e de saída da Rede Neural Nebulosa natural. Deste modo, fornece os símbolos básicos para falar de nossos raciocínios. De outro lado, fornece alguns operadores básicos para o aprendizado dedutivo, que permite mutações por adição, deleção ou associação de conhecimentos.

Como uma ferramenta cognitiva, a linguagem tem que ser também um sistema parcialmente aberto, desde que tenha que se adaptar, para falar de novos modelos aprendidos ao mesmo tempo, tem que preservar o significado aprendido.

Em essência, as linguagens humanas são sistemas nebulosos. Um conjunto nebuloso é um conjunto parcialmente fechado, cujo grau de fechamento pode assumir qualquer possível valor lógico, de completamente aberto para completamente fechado, de acordo com o sistema em que é modelado. O grau do fechamento semântico de qualquer linguagem varia entre outras coisas com o grau de aprendizado e o contexto do uso.

Como a força do conhecimento aumenta e define uma especialização humana, o grau de restrição da semântica da linguagem, usada para descrever estes aprendizados com esta especialização, define um jargão J(L) ou uma linguagem especializada como um

subconjunto da linguagem inteira L <sup>[26], [37], [38]</sup>.

Desse modo, contextos diferentes do uso de L, criados dentro de cada uma das semânticas de L, assumem valores específicos dependendo dos modelos usados nesses contextos especializados.

Inquirir é o outro processo de contexto fechado do uso de L. Isto é uma consequência do fato de que inquirir é usado para obter partes definidas de informações para um aprendizado específico.

No caso do aprendizado indutivo, o fechamento do contexto é uma necessidade para aumentar a possibilidade de observação repetida do mesmo fato. No caso do aprendizado dedutivo, a atenção é focada sobre as partes da informação que são compatíveis com o modelo sendo explorado.

## ***B.2 - TEMA E REMA***

Qualquer texto ou diálogo tem um tema ou assunto e (um conjunto de) rema(s) ou o que é dito acerca do tema <sup>[36], [26]</sup>.

Por exemplo, as seções prévias pode ter "Linguagem" como o tema, e sua definição, desenvolvimento, formalização, etc., como possíveis remas deste tema. Do mesmo modo, "Tema e Rema" são os assuntos centrais desta seção. Aqui, os pretendidos remas do autor para este tema, são as definições e o uso desses conceitos no entendimento da fala. A declaração do tema é um processo para aumentar o fechamento do texto ou diálogo.

As pessoas associam um grau pessoal de confiança, a cada peça de informação encontrada na fala, de acordo com seus prévios conhecimentos. Todavia, eles têm que esperar, até terem pelo menos uma capacidade de compreender (grasp) o tema da comunicação, para avaliar a relevância dessas partes da informação para apoiar o tema escolhido <sup>[28]</sup>.

Se o tema é relacionado a algum conhecimento do ouvinte/leitor, é rapidamente

reconhecido, todavia, as pessoas devem tentar construir algum esquema inicial da fala, juntando todas as partes da informação dentro da rede de significados, guiados por suas confianças em cada parte recebida da informação e usando operadores dedutivos, lógicos ou linguísticos.

Uma vez que o tema seja identificado, o ouvinte/leitor, prossegue com a identificação de possíveis remas. A consistência da fala é então avaliada pela relevância de cada parte da informação, que tem de apoiar os modelos relacionados para o tema e os remas.

Novamente, se um conhecimento prévio existe, apoiando o tema e/ou o rema, a fala pode ser considerada consistente, mesmo se do ponto de vista linguístico é muito mal construído. Todavia, só a consistência é avaliada de acordo com a relevância da futura informação, para apoiar algum conhecimento geral, armazenado em modelos de linguagem própria, a fala tem que ser cuidadosamente construída de acordo com as regras de linguagem usada.

O entendimento de uma dada fala é muito bem relacionada com sua capacidade de enviar alguns germes de algum conhecimento especializado do ouvinte/leitor ou no conhecimento comum que eles repartem em suas culturas e linguagens. O fechamento da fala é alto no primeiro caso e baixo no último.

A complexidade da análise semântica requerida pelo processamento da linguagem é baixa no caso de qualquer jargão, e aumenta com a diminuição da especialização do contexto.

A declaração ou reconhecimento (Recognition) do tema da fala ajuda a reduzir a complexidade desta análise. Porque a escolha do tema e rema, é conhecimento dependente, o entendimento da mesma fala é temperada por cada decodificador, de acordo com suas próprias experiências.

Rocha e colegas<sup>[9],[10],[44]</sup>, desenvolveram um método para estudar a compreensão de um texto para uma dada população de ouvintes.

### **B.3 - A TEORIA QUE APOIA O JARGÃO**

Como um sistema parcialmente aberto, a linguagem humana fornece uma ferramenta cognitiva muito importante e adequada para um sistema inteligente, desde que esta entidade deva ser não determinístico <sup>[47]</sup>. Por isso, o processamento da linguagem pode ser uma tarefa muito difícil para sistemas de inteligência artificial.

Todavia, a linguagem humana é também um sistema parcialmente fechado, sendo que o grau de fechamento está diretamente relacionado com a especialização do contexto em que a linguagem é usada. Se no processamento da linguagem, a semântica é restrita para representar o conhecimento em contextos especializados, a complexidade da análise semântica, diminuirá consideravelmente <sup>[33], [37], [38]</sup>.

Desde que o entendimento da fala é muito dependente do conhecimento do usuário, então pode ser proposto que a competência do ser humano na compreensão, é obtido passo a passo, em cada um dos muitos contextos especializados das relações familiares, sociais, emocionais, profissionais, etc.

### **B.4 - O PROGRAMA JARGÃO**

#### ***B.4.1 - Visão Geral da Ferramenta Computacional***

O programa JARGÃO <sup>[33]</sup> é um sistema de Rede Neural Nebulosa que pretende adquirir o conhecimento existente nas bases de dados em linguagem natural, referentes a contextos especializados, levando vantagem no fato de que a complexidade na análise da linguagem requerida nesta condição, pode ser baixa. Deste modo, sua competência é dependente da grande restrição da semântica nestes ambientes especializados. Na realidade, o poder do JARGÃO como um extrator de conhecimento é bem relacionado com o fechamento do ambiente investigado.

Desde que o JARGÃO pode usar as estratégias de aprendizado dedutivo e

indutivo, espera-se no futuro, se tornar capaz de aumentar sua competência linguística, por mover-se de um contexto para outro, sempre que se requerer o entendimento de uma fala complexa. No momento, todavia, sua competência permanece restrita pela sua especialização.

O programa é composto por três redes neurais nebulosas, organizado hierarquicamente como se mostra na figura B.4.1. Este programa pode ser visto como um sistema hierárquico de redes neurais, devotados, respectivamente, para o processamento de palavras, frases e textos.

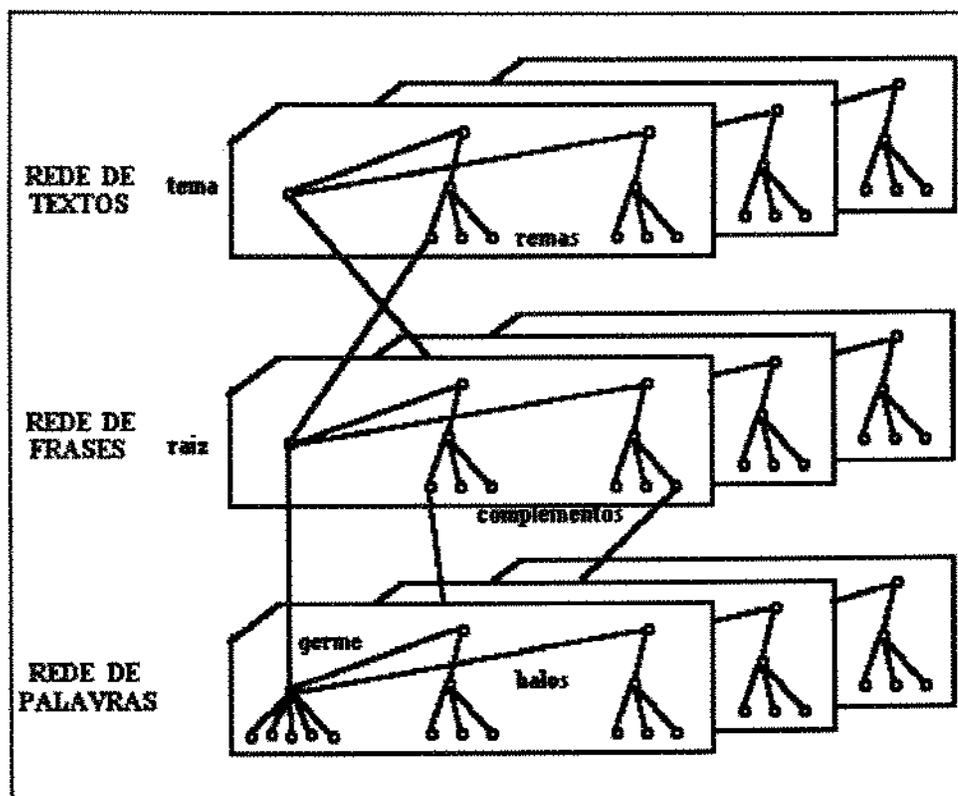


Figura B.4.1: Programa JARGÃO

A primeira rede, é a Rede de Palavras, cujo trabalho é verificar e aprender as palavras mais frequentes e mais significativas (de maior entropia) dos textos processados. A Rede de Palavras fornece a entrada para a Rede de Frases, que é encarregada de

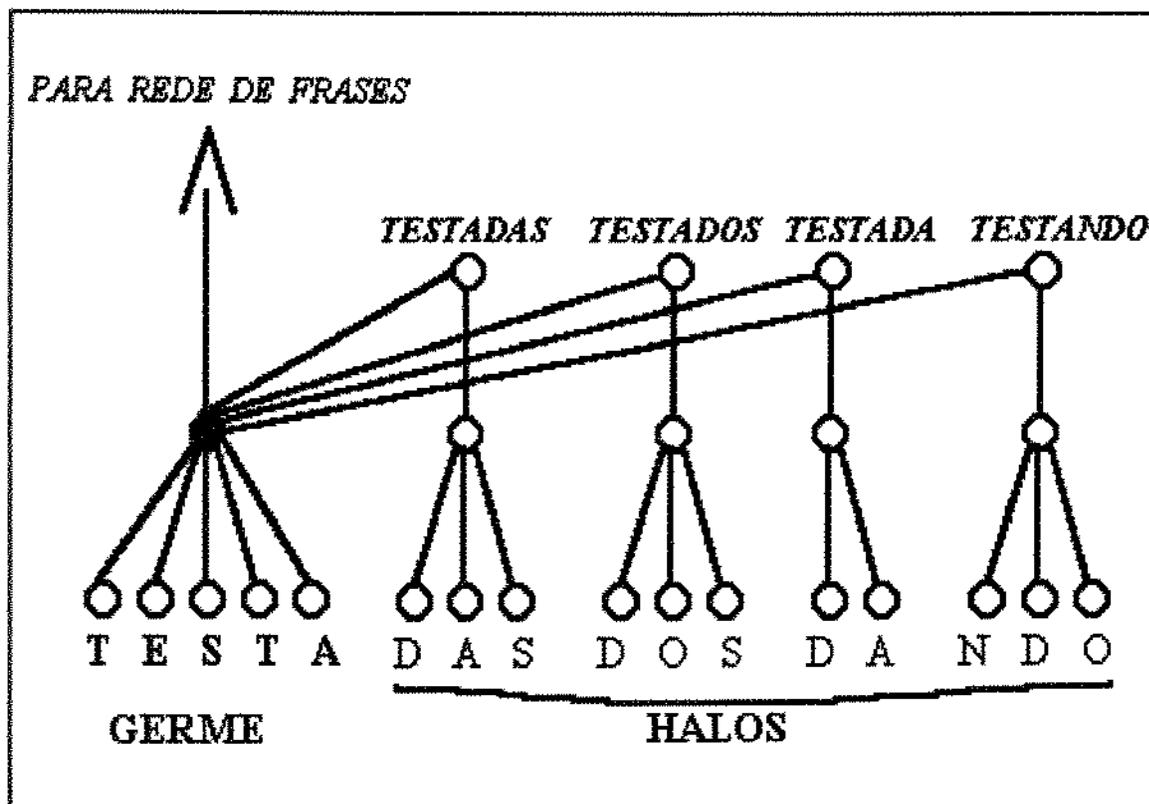


Figura B.4.2 : Exemplo de um módulo de Rede de Palavras

descobrir as associações de palavras (frases) mais significativas nos textos. Estas frases são usadas como entrada na Rede de Textos, responsável por achar os padrões possíveis de textos (resumos) presentes na base de dados.

Cada rede é composto por um número variável de subredes ou módulos. A estrutura geral dos módulos é especificado por uma genética. As regras codificadas na genética, especifica por exemplo, o número de níveis na rede, o tamanho mínimo e máximo do módulo, as compatibilidades entre os tipos diferentes de neurônios na rede, etc.

#### B.4.1.1 - *Rede de Palavras*

O trabalho da rede de palavras é efetuar uma varredura nos textos e aprender as palavras mais significativas (de maior entropia) nestes textos.

A rede de palavras (Vide Fig. B.4.2) é composta de várias subredes (módulos), onde cada módulo representa uma palavra ou conjunto de palavras semelhantes. Por sua vez, um módulo é uma rede neural nebulosa de tres camadas, com um número variável de neurônios de entrada, em função do número de caracteres da palavra que o módulo representa.

A genética da rede de palavras, permite a criação de módulos com um número mínimo e máximo de neurônios de entrada. O máximo é ajustado de acordo com a linguagem usada nos textos. A utilização do mínimo justifica-se porque, geralmente as palavras muito pequenas, não carregam nenhuma informação importante numa linguagem especializada. A maioria das palavras pequenas são as preposições, artigos, etc., que podem ser ignorados no propósito de recuperar o conhecimento especializado. No entanto o JARGÃO, permite a incorporação de palavras pequenas, como exceções, sempre que necessário.

Um novo módulo é criado, sempre que for encontrado uma nova palavra nos textos em análise. Uma nova palavra é descoberta sempre que a compatibilidade do conjunto de caracteres com todos os módulos existentes, for menor que 0,5.

Se uma palavra for idêntica a um módulo já considerado, isto é, se nenhuma variação for encontrada nos caracteres que compõe a palavra e o módulo, neste caso, as conexões internas do módulo são reforçadas, ou seja, os pesos sinápticos destas ligações são aumentados segundo um critério pré-estabelecido.

O *germe* (Fig. B.4.2) é o agrupamento principal de neurônios de entrada, na camada intermediária. Um germe é composto por caracteres iniciais de conjuntos similares, até a primeira diferença (exclusiva) encontrada. Um germe pode ser associado a vários *halos* diferentes.

Os *halos* (Fig. B.4.2) são os agrupamentos de neurônios complementares de entrada (não incluídos no germe), na camada intermediária. Isto é, os halos e germe são identificados por neurônios diferentes da camada intermediária. Os halos podem ser requisitados se uma discriminação adicional for necessária no processamento.

Se uma palavra for similar a um módulo já considerado, quando os germes da palavra e do módulo forem idênticos, neste caso, o germe é usado para indexar um grupo de palavras consideradas similares, e o módulo sofre uma mutação para acomodar o halo, com um reforço nas conexões do germe (os pesos sinápticos das conexões que compõem o germe são aumentados segundo o mesmo critério pré-estabelecido), e ligando a este germe, os halos encontrados. Ou seja, conjuntos similares compartilham de um mesmo germe e são diferenciados por seus halos.

A sobrevivência de um módulo na rede de palavras, é uma função da entropia do módulo, isto é, depende da frequência que este módulo é ativado pelas palavras existentes nos textos. A poda automática é acionada sempre que um volume pré-estabelecido de memória é ocupado pela população de módulos. Esta poda elimina as palavras de baixa entropia (abaixo de um certo limiar).

Como a frequência de corte (número de vezes que a poda automática é acionada) é uma função do volume de memória pode ser visto como uma medida de grau de fechamento do jargão a ser descoberto nos textos. Quanto menor a memória alocada, mais restrita será a semântica do jargão.

Como as relações de entropia não são suficientes para caracterizar completamente a semântica restrita em uso, um segundo passo de seleção em rede de palavras é requerido

pelo usuário. Após explorar, os textos e "aprender" o dicionário inicial, o programa solicita ao usuário, para refinar o seu conhecimento sobre a semântica restrita da base de dados. O programa mostra as palavras que conhece e o usuário pode aceitá-las, eliminá-las ou ensinar-lhe as relações sinonímias ao sistema. Deste modo, o programa refina seu dicionário de palavras através da semântica fornecida pelo usuário.

#### **B.4.1.2 - Rede de Frases**

A rede de frases está encarregada de descobrir as associações de palavras mais significativas, existentes nos textos da base de dados em linguagem natural, usando para isso as palavras aprendidas na rede de palavras.

A rede de frases é composta de várias subredes (módulos), onde cada módulo representa uma frase ou um conjunto de frases semelhantes. Por sua vez, um módulo é uma rede natural nebulosa de tres camadas, com um número variável de neurônios de entrada, em função do número de palavras na frase que o módulo representa.

A gênese na rede de frases obedece a regras diferentes das de rede de palavras. O número máximo de neurônios de entrada (palavras) no módulo deve ser limitado em sete <sup>[5]</sup>, o número mágico de Miller <sup>[21]</sup>.

Usa se o conceito de nó disparador (trigger) para restringir as combinações possíveis de palavras. Isto é, deve-se classificar as palavras em palavras-raízes e palavras-complementos, onde a classe de palavras-raízes são verbos (no caso de frases declarativas ou procedimentais) ou nomes (no caso de frases descritivas). As palavras-raízes são consideradas nós disparadores, isto é, o processo de criação de um módulo só se inicia na presença de uma palavra-raiz, que é combinado com as palavras-complementos existentes nas frases.

Para a implementação da sintaxe da linguagem na rede de frases, para condicionar a aceitação de associações de palavras pela rede, usa-se a restrição de concatenação. Neste caso:

- As palavras devem, primeiro, ser classificadas em palavras-raízes e palavras-complementos.
- As palavras-raízes devem receber os receptores adequados, por exemplo, {SUJ, VTD, VTI, etc}, que são as declarações de categorias que cada palavra pode aceitar.
- As palavras-complementos, por sua vez, podem receber os transmissores, por exemplo, {suj, vtd, adj, adv, etc...} ou controladores, por exemplo, {sujADJ, vtdADV, vtiADV, etc...}, que são as declarações de categoria ao qual cada palavra pertence.

Um novo módulo é criado, sempre que for encontrado uma nova frase nos textos em análise. Uma nova frase é descoberta sempre que a uma palavra-raiz diferente de todos os módulos existentes for encontrada.

Se uma frase for idêntica a um módulo já considerado, isto é, se nenhuma variação for encontrada nas palavras que compõe a frase e módulo, neste caso, as conexões internas do módulo são reforçadas, ou seja, os pesos sinápticos destas ligações são aumentados segundo um critério pré-estabelecido.

Se uma frase for similar a um módulo já considerado, isto é, usando a noção de palavra-raiz, quando as palavras-raízes da frase e do módulo forem idênticas, neste caso, a palavra-raiz é usada para indexar um grupo de frases consideradas similares, e o módulo sofre uma mutação, com um reforço na conexão da palavra-raiz (o peso sináptico da conexão que compõe a palavra-raiz é aumentado segundo o mesmo critério pré-

estabelecido), e ligando a esta palavra-raiz, as palavras-complementos encontradas. Ou seja, conjuntos similares compartilham uma mesma palavra-raiz e são diferenciadas por suas palavras-complementos.

A mesma seleção automática usada na rede de palavras (maximização de entropia), é usada para refinar o conjunto de produções representado em rede de frases, mas isto não garante, novamente que todo conjunto de palavras remanescentes sejam frases com significado.

Por causa disso, o programa entra no modo interativo como o usuário, mostrando seus conjuntos de palavras e solicitando ao usuário, o fornecimento da sentença para definir a semântica de seus conjuntos de palavras. Para ajudar o usuário, o sistema mostra as frases originais usadas para gerar o módulo correspondente. O usuário pode:

- 1 - Aceitar o próprio conjunto de palavras como uma frase com significado;
- 2 - Usar ou modificar uma das frases originais para definir a semântica do conjunto de palavras;
- 3 - Fornecer uma semântica para o conjunto de palavras independente do conhecimento do sistema;
- 4 - Descartar o conjunto de palavras.

Quanto maior é a restrição definindo o jargão, maior é a frequência do próprio conjunto de palavras ter um significado por si. Ao contrário, quanto mais geral é a semântica usada nos textos, menor é o tamanho do módulo representando as frases em rede de frases, e mais variáveis são as frases no conjunto de treinamento, e em consequência, maior é a chance da alternativa (3) na poda seletiva de rede de frases. O programa mantém o registro das decisões do usuário para calcular o grau de restrição no

JARGÃO que está aprendendo.

Ao fim desta fase, o programa tem:

- O dicionário do jargão usado nos textos. Todas as informações descobertas nos textos, sobre germes, halos, frequência, etc, das palavras e, também, os conhecimentos obtidos do usuário, sobre as relações sinonímias, regras gramaticais (sintaxe), etc, estão registradas neste dicionário.
- O glossário de frase, onde estão registrados: os agrupamentos mais significativos entre as palavras-raízes (verbo ou nome) e os complementos, existentes nos textos: as frequências destes agrupamentos; as frases características destes agrupamentos, etc.
- As listas de frases originais, elaboradas para cada agrupamento de palavras existente no glossário de frases. Cada lista contém todos os exemplos de treinamento (isto é, as frases originais dos textos) usados para definir um agrupamento de palavras. Com estas listas, é possível tabular os parâmetros operacionais (dados numéricos), filtrados pelo agrupamento (cruzamento) de palavras.

#### ***B.4.1.3 - Rede de Textos***

A rede de textos está encarregada de descobrir as associações de frases mais significativas, existentes nos textos da base de dados em linguagem natural, usando para isso as frases aprendidas na rede de frases.

A rede de textos é composta de várias subredes (módulos), onde cada módulo

representa um texto ou um conjunto de textos semelhantes. Por sua vez, um módulo é uma rede neural nebulosa de tres camadas, com um número variável de neurônios de entrada, em função do número de frases no texto que o módulo representa.

Na gênese na rede de textos, o número máximo de neurônios de entrada (palavras) no módulo deve ser limitado em sete <sup>[5]</sup>, o número mágico de Miller <sup>[21]</sup>. As conexões entre as camadas de entrada e intermediária de entrada e intermediária são usadas para descobrir grupos de frases que são componentes comuns de textos.

Usa o conceito de nó disparador (trigger) para restringir as combinações possíveis de frases. Isto é, deve-se classificar as frases em temas e remas. Qualquer texto ou apresentação tem um tema (contexto, objetivo) e um conjunto de remas (o que é dito sobre o tema). A declaração do tema é um procedimento para tornar mais fechado o contexto do texto ou apresentação. Em outras palavras, o tema refina a restrição do jargão. Os temas são considerados nós disparadores, isto é, o processo de criação de um módulo só se inicia na presença de um tema, que é combinado com os remas existentes nos textos. O número de temas determina o número de módulos a serem criados.

No caso de implementar as restrições do contexto na rede de textos, para condicionar a aceitação de associações de frases pela rede, usa-se a restrição de concatenação. Neste caso, as frases devem primeiro, ser classificados em temas e remas:

- Os temas devem receber os receptores adequados, que são as declarações de categorias que cada tema pode aceitar.
- Os remas, por sua vez, podem receber os transmissores ou controladores, que são as declarações de categoria a que cada rema pertence.

Um novo módulo é criado, sempre que for encontrado um novo resumo nos

textos em análise. Um novo resumo é descoberto sempre que um tema diferente de todos os módulos existentes for encontrado.

Se um resumo for similar a um módulo já considerado, isto é, usando a noção de tema e rema, quando os temas do resumo do módulo forem idênticos, neste caso, o tema é usado para indexar um grupo de resumos considerados similares, e o módulo sofre uma mutação, com um reforço na conexão do tema (o peso sináptico da conexão que compõe o tema é aumentado segundo o critério pré-estabelecido), e ligando a este tema, os remas encontrados. Ou seja, conjuntos similares compartilham de um mesmo tema e são diferenciados por seus remas.

A seleção na rede de textos é obtida apenas pela poda seletiva. O usuário define um limiar relacionado com o grau de confiança que ele espera da informação disponível nos textos. Limiares altos estão associados com confiança alta, mas resulta numa saída não vazia, apenas se o grau de restrição da semântica é alta. Quanto mais geral é a semântica em uso, menor é a confiança em qualquer saída como representativo de conteúdo dos textos, e mais difuso é o resumo produzido pelo programa.

O programa entra no modo interativo com o usuário, mostrando seus conjuntos de frases e solicitando ao usuário, o fornecimento da sentença para definir a semântica de seus conjuntos de frases. Para ajudar o usuário, o sistema mostra as frases definidas na rede de frases, para gerar o módulo correspondente. O usuário pode:

- 1 - Usar ou modificar uma das frases para definir a semântica do conjunto de frases;
- 3 - Fornecer uma semântica para o conjunto de frases independente do conhecimento do sistema;
- 4 - Descartar o conjunto de frases.

Ao fim desta fase, o programa tem, a mais do que tinha ao fim da fase anterior, o glossário de resumos. Neste glossário estão registradas as associações mais significativas entre os temas e remas e sua frequências.

#### *B.4.1.4 - Transcrição de Textos*

Uma vez que o programa tenha aprendido a semântica restrita do jargão através dos textos e interação com o usuário, este conhecimento pode ser usado para reescrever os textos, isto é, pode-se reescrever os textos, usando as frases que o usuário definiu para os resumos.

*OBS: Texto de B4 - O Programa Jargão, baseado em [23] e [35].*