

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

METODOLOGIA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ABASTECIMENTO
DO CARVÃO MINERAL PARA SIDERURGIA

Dissertação submetida à Universidade Federal
de Santa Catarina para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia.

JORGE LUIZ BRÉSCIA MURTA

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
DEZEMBRO DE 1987


METODOLOGIA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ABASTECIMENTO
DO CARVÃO MINERAL PARA SIDERURGIA

JORGE LUIZ BRESCIA MURTA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

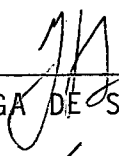
"MESTRE EM ENGENHARIA"

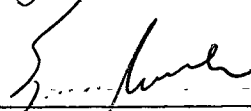
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADO EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

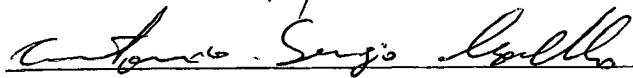

LUIZ GONZAGA DE SOUZA FONSECA - D.Sc
ORIENTADOR


RICARDO MIRANDA BARCIA - Ph.D
COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA:


LUIZ GONZAGA DE SOUZA FONSECA - D.Sc
PRESIDENTE


SERGIO FERNANDO MAYERLE - M.Eng.


ANTONIO SERGIO COELHO - M.Eng.



0.242.838-5

UFSC-BU

Aos meus pais

José (in memorian) e Catarina

À minha esposa

Terezinha

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- Ao professor Luiz Gonzaga de Souza Fonseca, pela eficiente e eficaz orientação durante todo o trabalho.

- Aos membros integrantes da banca examinadora, pelos comentários e sugestões.

- Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

- Ao Eng^o Antônio Carlos Vaz de Mello pelo relevante apoio e estímulo.

- À Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A em especial ao Superintendente de Compras Dr. Paulo Roberto de Carvalho Coelho pelo apoio e colaboração prestada.

- Aos colegas, professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção e Sistema, pelo apoio e colaboração que prestaram.

- À Maria Luzia Assad Oliveira, Carmem Nunes Coelho Pires e Eliana da Franca, pelo trabalho de datilografia.

- À UFSC, pela oportunidade concedida de realizar o curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

- À todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de solução para um problema de abastecimento de uma Siderúrgica Brasileira, com o carvão mineral coqueificável utilizado para a produção do coque metalúrgico.

Para a solução do abastecimento, foram utilizadas técnicas usualmente denominadas planejamento da produção e controle de estoques, cujo objetivo foi a minimização dos custos totais com o abastecimento, garantindo o tempo de reposição dos estoques.

A demanda será tratada como determinística e foram considerados os custos envolvidos no abastecimento para cada porte de navio e a possibilidade de desembarque em mais de um porto.

Foi desenvolvido um algoritmo para a solução do problema do abastecimento do carvão coqueificável, sendo colocado em operação, através de um sistema computacional na USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S/A - USIMINAS, uma empresa do Grupo SIDERBRÁS.

ABSTRACT

This work presents a suggestion for solving the problem of supply to Brazilian Steel Mills by using cokeable mineral coal to produce metallurgical coke.

In order to solve the supply problem, the techniques usually called production planning and stock control were employed, in an attempt to minimize the total cost of supply in order to guarantee the time for reposition of stocks.

Since demand can be anticipated, costs involved in transportation by ships of every different holding capacity were considered, as well as the possibility of unloading in more than one port.

For solving the problem of cokeable coal supply, an algorithm was developed, and utilized through a computing system at USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S/A - USIMINAS, a company of the SIDERBRÁS Group.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 - Importância.....	1
1.2 - Objetivo.....	1
1.3 - Estrutura do Trabalho.....	3

CAPÍTULO II - UTILIZAÇÃO DO CARVÃO NA SIDERURGIA

2.1 - Introdução.....	5
2.2 - Origem do Carvão.....	7
2.3 - Classificação dos Carvões.....	8
2.4 - Fabricação do Coque.....	8
2.5 - Mistura de Carvões.....	10
2.6 - Comentários.....	12

CAPÍTULO III - ABASTECIMENTO DO CARVÃO

3.1 - Introdução.....	13
3.2 - Demanda.....	15
3.2.1 - Demanda de Carvão Coqueificável.....	16
3.3 - Ressuprimento de Carvão Coqueificável.....	18
3.4 - Restrições para Abastecimento.....	20
3.4.1 - Porte do Navio.....	21
3.4.2 - Estoque de Reserva.....	21
3.4.3 - Estoque Máximo.....	24
3.5 - Custos.....	24
3.5.1 - Custo de Reposição ou Abastecimento.....	25
3.5.2 - Custo-Manutenção dos Estoques.....	25
3.5.3 - Custo Total Abastecimento.....	27

3.6 - Comentários.....	28
CAPÍTULO IV - PROPOSTA SOLUÇÃO PARA ABASTECIMENTO DO CARVÃO	
4.1 - Introdução.....	30
4.2 - Demanda.....	31
4.3 - Restrições.....	33
4.3.1 - Estoque de Reserva.....	33
4.3.2 - Estoque Máximo.....	36
4.3.3 - Porte Navio.....	37
4.4 - Custos.....	38
4.4.1 - Custo de Reposição ou Abastecimento.....	38
4.4.2 - Custo de Manutenção dos Estoques.....	40
4.4.3 - Custo Total Abastecimento.....	42
4.5 - Ressuprimento.....	44
4.6 - Desagregação da Família em Itens.....	48
4.7 - Comentários.....	50
CAPÍTULO V - EXEMPLO DE APLICAÇÃO	
5.1 - Introdução.....	52
5.2 - Variáveis Envolvidas.....	52
5.3 - Programas Computacionais.....	55
5.4 - Resultado da Aplicação.....	56
5.5 - Comentários.....	58
CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	
6.1 - Conclusão.....	61
6.2 - Recomendação.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	65

ANEXO I - Principais Tipos de Afretamento de Navio.....	68
ANEXO II - Classificação de Carvão.....	70
ANEXO III - Planejamento dos Embarques das Composições utilizando PROGØ1.....	73
ANEXO IV - Planejamento dos Embarques das Composições com variações no Custo de Estocagem.....	77
ANEXO V - Planejamento dos Embarques das Composições com variações no Estoque Máximo Permitido.....	84
ANEXO VI - Relatório Projeção dos Estoques no Pátio da Usina utilizando PROGØ2.....	97
ANEXO VII - Relatório Planejamento do Programa de Embarques utilizando PROGØ2.....	101

CAPÍTULO I.

INTRODUÇÃO

1.1 - IMPORTÂNCIA

A siderurgia brasileira depende em larga escala do carvão mineral metalúrgico que representa uma grande parcela do custo final do aço produzido.

Estima-se atualmente que cerca de 88% (oitenta e oito por cento) do carvão consumido é importado, tendo como principais países fornecedores os ESTADOS UNIDOS, a POLÔNIA, o CANADÁ e a AUSTRÁLIA. MELLO(27)

Na USIMINAS, uma empresa do GRUPO SIDERBRÁS, LEMOS(18) relata que o custo do carvão metalúrgico representa aproximadamente 35% (trinta e cinco por cento) do custo do aço e um consumo anual em torno de 2.200 mil toneladas.

1.2 - OBJETIVO

À medida que a demanda mundial de aço se expande, aumenta o consumo de carvões metalúrgicos, com reflexos nos custos e na qualidade dos carvões ofertados. O abastecimento de carvão para a produção de coque nas principais usinas siderúrgicas brasileiras é importante no aspecto técnico-econômico, com reflexos nos custos e produtividade das usinas, sendo uma tarefa que envolve grandes recursos e, conseqüentemente, requer um controle mais específico.

Para a definição dos estoques a serem mantidos, COUTO (09) desenvolveu um modelo de estoque para os carvões importados, que é aplicado na COSIPA, Cia. Siderúrgica Paulista, onde os carvões foram agrupados em famílias pertencentes ao mesmo grupo de matéria volátil (AV, MV, BV); é considerada uma quantidade fixa por abastecimento, sem a preocupação de minimizar os custos totais envolvidos no abastecimento dos carvões.

Para definir o consumo, MONNERAT (21), utiliza a programação linear para formar uma composição de carvões a uma taxa pré-determinada a fim de atender à qualidade desejável de uma mistura para produção do coque, cujo objetivo é obter uma composição que minimize o custo pré-estabelecido. Após definida uma composição, surge o problema de abastecimento. Com a finalidade de garantir o fluxo normal de produção a mínimo custo é necessário responder questões como:

- quanto repor
- quando repor.

É sempre possível obterem-se várias composições de carvões, com custos diversos, que atendam a qualidade exigida da mistura para a produção do coque; ao utilizar a programação linear, obtém-se uma mistura ótima, onde os custos utilizados são pré-estabelecidos. Para se atingir os objetivos desejados, a política ótima de consumo deve adequar-se ao planejamento ótimo dos estoques que, no caso do carvão, será em função de um programa de embarques.

Na tomada de decisão sobre o abastecimento do carvão, surgem dificuldades para selecionar, juntar, processar e interpretar as informações, o que faz a decisão de um gerente de compras bastante complexa.

Considerando que poderá haver um número finito de composições que atendam as restrições impostas à mistura, o objetivo será escolher a composição que, ao ser realizado o planejamento do abastecimento, terá o menor custo total.

A solução do problema de estoques é apresentada na literatura: entre os vários trabalhos onde NADDOR (23), HADLEY e Whithn (12) apresentaram modelos que poderão ser adaptados à necessidade do planejamento do abastecimento do carvão mineral.

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho tem o objetivo de apresentar uma metodologia para selecionar, dentre os conjuntos de composição de carvões, o que obtiver o menor custo total para realizar o planejamento do abastecimento dos carvões pertencentes a ele.

No segundo capítulo será apresentada a origem do carvão, sua classificação e utilização em misturas, na fabricação do coque metalúrgico.

As variáveis envolvidas no abastecimento do carvão, bem como a definição da demanda, custos, restrições para a formação do estoque máximo e do estoque de segurança, serão apresentadas no terceiro capítulo com o objetivo de dar um embasamento para que seja feita uma proposta de solução de planejamento.

Após conhecerem-se as variáveis envolvidas no abastecimento de carvão mineral, surge o problema de definir uma metodologia para planejar o abastecimento.

No quarto capítulo será apresentada uma metodologia para realizar o planejamento de abastecimento do carvão mineral onde a proposta será baseada na teoria de sistema de estoques e o objetivo será obter, a mínimo custo, um planejamento de abastecimento seguro e confiável.

Após ser apresentada a proposta de solução, será realizada, no quinto capítulo, a aplicação da metodologia adotada e uma análise dos resultados obtidos.

As conclusões e recomendações obtidas em decorrência do desenvolvimento e da aplicação da metodologia proposta serão apresentadas no sexto capítulo.

CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DO CARVÃO NA SIDERURGIA

2.1 - INTRODUÇÃO

O carvão para siderurgia a coque, integrada, é denominado carvão mineral ou carvão coqueificável, constituindo a matéria-prima utilizada para fabricação do coque metalúrgico.

Neste capítulo serão comentadas não só sua origem e classificação como também o processo de fabricação do coque metalúrgico e a utilização de misturas de carvão para o enforamento em coquerias.

O carvão é utilizado na Siderurgia para fabricação de coque metalúrgico, que é uma substância essencial na redução do minério de ferro a ferro metálico, pois combina com o oxigênio, na presença de calcário, criando dióxido de carbono, ferro e escória.

O coque no interior do ALTO FORNO é submetido a degradação tanto física como química, sob uma variada gama de temperaturas. Conseqüentemente, requerer-se-á que o coque mantenha sua resistência tanto a temperaturas ordinárias quanto às elevadas.

É requerido do carvão em forma de coque o desempenho das seguintes funções básicas:

1. Suprir o calor necessário para os requisitos endotérmicos das reações químicas e fundir as escórias e produtos metálicos dessas reações.

2. Produzir e regenerar os gases para a redução de vários óxidos (principalmente CO).
3. Proporcionar a formação de uma forte e permeável armadura, através da qual a escória e o metal possam cair para a fornalha, e através da qual os vários gases possam se elevar até o topo do forno, enquanto desempenham suas funções redutoras e regeneradoras.
4. Suprir o carbono que se dissolverá no metal quente (\pm 45 kg p/t metal quente).

A principal exigência que se faz ao carvão é a uniformidade de suas características, como o teor de umidade, matéria volátil, cinza, enxofre, granulometria, plasticidade, vitrinita e o índice de livre expansão (FSI).

O que se deseja numa coqueria é produzir um coque que atenda às especificações do Alto Forno.

Ao projetar a carga de coque para o Alto Forno, deve-se primeiro entender como a qualidade do coque pode afetar a operação do Alto Forno, a fim de que se possa determinar as qualidades que o coque deve possuir.

Em segundo lugar, devem-se conhecer as características das misturas dos carvões, que responderão pela qualidade do coque.

Em terceiro lugar, e a fim de maximizar o uso de carvões mais baratos, devem-se avaliar as tecnologias de preparação e processo que permitirão o uso de tais carvões sem causar efeitos adversos à qualidade desejável do coque.

2.2 - ORIGEM DO CARVÃO

Prado (26) faz uma descrição global sobre carvão onde ele relata que o carvão mineral provavelmente foi descoberto pelos CHINESES, tendo sido lavrado vários séculos antes de Cristo, nas Minas de Chengi; no século XII o carvão viria a ser redescoberto na Europa, mas sua importância vem com a revolução industrial em fins do século XVIII.

O carvão é uma massa compacta e estratificada de matéria vegetal que passou por vários estágios e cujas propriedades físicas e químicas sofreram modificações, devido a ações geológicas.

Estudos geológicos feitos na crosta terrestre onde estão localizados os depósitos de carvão, têm fornecido evidências sobre o mecanismo da formação do carvão a partir da turfa. Turfa não é carvão; é considerada o estágio inicial do carvão.

As variedades de carvão que representam os diferentes graus de conversão desde o depósito de turfa original, são tidas como graduação (RANK).

Assim o antracito, que representa a transformação máxima, é a graduação mais alta, enquanto que o linhito é a graduação baixa.

As variações nas substâncias vegetais primitivas que compõem o carvão ocasionam as variações no tipo de carvão e na sua categoria.

2.3 - CLASSIFICAÇÃO DOS CARVÕES

A classificação geral e básica do carvão é feita por categorias, a partir da turfa e dos linhitos na extremidade inferior da escala, passando pelos carvões betuminosos até o antracito que fica no topo da escala.

De modo geral, quanto mais elevada for a qualidade do carvão, maior será sua idade, seu teor de carbono, o seu teor de hidrogênio e de matérias voláteis.

Em virtude dos inúmeros usos, propriedades, e da grande variedade dos carvões, existem diversos sistemas de classificação baseados na idade biológica, análise petrográfica, graduação, estrutura, considerações comerciais e até aparência.

A "**American Society for Testing and Materials**" (ASTM) classificou os carvões baseando-se em parâmetros de graduação tendo matéria volátil como base até 31% (**drag-mineral matter-free**) e poder calorífico para os carvões de graduação inferior.

Os carvões de baixo teor de matéria volátil (BV), os de médio teor (MV) e os de alto teor (AV) têm percentagens de matéria volátil entre 14 e 22%, 23 e 31% e maior que 31%, respectivamente, como mostra a tabela no Anexo (II).

2.4 - FABRICAÇÃO DO COQUE

A matéria-prima para fabricação do coque é o carvão coqueificável. O coque é um resíduo poroso, duro e carbonoso, tendo as funções de combustível gerador de gás, redutor ou elemento

ativo direto na redução, assegurando elevada permeabilidade à solução da carga.

Da destilação do carvão em fornos, em ausência de ar num tempo variavelmente inferior a 24 horas, obtém-se o coque; o coque metalúrgico é fabricado basicamente em dois tipos de fornos:

1. Colmeia
2. By-products.

Qualquer dos dois processos poderá fornecer coque de boa qualidade, sendo que o **By-products** tem a vantagem de recuperar subprodutos permitindo maior flexibilidade no manuseio de carvões de qualidade inferior e controle das propriedades do coque.

O rendimento médio de uma tonelada, pelo processo **By-products**, é normalmente o seguinte: (Prado (26))

Coque	635,6 Kg
Gás de forno de coqueificação:	
Valor calorífico: 4.895 Kcal/m ³	311.520 m ³
Sulfato de amônia	11,35 Kg
Alcatrão	37,85 Kg
Óleos Leves	11,36 L

A tecnologia predominante atualmente é a **By-products** e, para a fabricação do coque pode-se destacar quatro (4) fases:

1. Qualificação dos diversos carvões que irão compor a mistura a coqueificar.
2. Preparo da mistura de carvões.
3. Destilação da mistura de carvões em baterias de fornos de coque.
4. Recuperação dos sub-produtos.

O interesse específico deste trabalho refere-se à primeira fase, que é a aquisição dos carvões disponíveis no mercado para atender as especificações da mistura desejável e, consequentemente atender às atividades da segunda fase.

2.5 - MISTURA DE CARVÕES

Atualmente os altos fornos se tornam maiores e seus requisitos de qualidade tornaram-se mais restritivos; enquanto isso, o carvão de alta qualidade, para a fabricação do coque, está ficando mais escasso e mais caro.

Nessas condições, torna-se imperativo que fornos de coqueificação (coqueria) funcionem de modo a obter os melhores resultados possíveis. A experiência industrial vem demonstrando que se obtém coque com melhores características físicas, quando se trabalha com mistura de carvões, pois não é comum encontrar, num só tipo de carvão, todas as características necessárias à fabricação do coque com a qualidade desejável. A mistura de carvões consiste em combinar carvões diferentes, numa taxa pré-determinada, para se conseguir um produto homogêneo de qualidades específicas.

Com a mistura de carvões é viável o uso de carvões de qualidade inferior e obter o máximo de rendimento e eficiência da operação dos fornos da coqueria.

Para a produção de um coque de boa qualidade são definidas anteriormente as características da mistura desejável para atender os níveis de operações do Alto Forno e das coquerias. Es-

sa mistura será formada pelos carvões ofertados, que são testados isoladamente e em misturas, utilizando-se forno piloto.

Os carvões utilizados na siderurgia brasileira têm sido, em grande parte, o do tipo importado, sendo que o carvão brasileiro participa com 15% (quinze por cento) da mistura, aproximadamente.

Na aquisição dos carvões ofertados, deve-se assegurar que eles satisfaçam algumas qualificações com o objetivo de garantir as características do coque a ser produzido. Essa qualificação é feita através de especificações e seleções preliminares e completada por ensaios de laboratório e ensaios de coqueificação realizados com cada carvão isoladamente, e em misturas, utilizando-se forno piloto.

Segundo MACMASTER e JELENICH (20) os carvões ofertados devem satisfazer a certas especificações de compra em relação aos seguintes itens:

1. Teores de cinza e enxofre, para se alcançar o objetivo metalúrgico.
2. Baixo teor de umidade, a fim de se evitar o transporte de excedente de água e, conseqüentemente, reduzir despesas de transporte.
3. Granulometria, para que sejam reduzidos a um mínimo os finos de carvão, o que poderia causar problemas operacionais.
4. Matéria volátil, para classificação da graduação a que pertence o carvão.
5. FSI - Devido às propriedades de coqueificação do carvão.
6. Temperatura de fusão das cinzas e teor de Alcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), com o objetivo de preservar a vida dos refratários dos fornos da coqueria.

2.6 - COMENTÁRIOS

A aquisição dos carvões que irão formar a mistura desejável e atender à produção de coque é uma atividade que envolve grandes recursos econômicos e um volume físico de carvão bastante elevado.

O consumo de carvão mineral na USIMINAS representa em torno de 35% (trinta e cinco por cento) do custo final do aço; para cada tonelada produzida são consumidas em torno de 0,75 toneladas de carvão. LEMOS(18)

Em virtude dos recursos envolvidos, os dirigentes das siderurgias brasileiras têm dado uma grande ênfase às atividades relacionadas ao abastecimento de carvão mineral — as decisões tomadas devem ser relacionadas à solução de problemas de maximização do lucro ou minimização dos custos envolvidos, sujeitas a restrições de qualidade do produto.

Este capítulo foi dedicado ao carvão metalúrgico e sua utilização numa usina siderúrgica, abordando também o processo de fabricação do coque e sua função. Para a fabricação do coque foi dito que se usam carvões misturados, ou seja, mistura de carvões que devem satisfazer a certas especificações.

As atividades, e em especial, as variáveis envolvidas no abastecimento dos carvões, com o objetivo de formar a mistura pré-estabelecida a ser utilizada para a fabricação do coque, serão descritas no próximo capítulo.

CAPÍTULO III

ABASTECIMENTO DO CARVÃO

3.1 - INTRODUÇÃO

O abastecimento pode ser definido como o estudo das decisões ótimas a serem tomadas com respeito a um sistema de estoques.

Essas decisões são normalmente tomadas no sentido de minimizar os custos totais envolvidos em um sistema de estoques.

Na grande maioria das vezes, um modelo de estoque envolve um esquema semelhante à figura abaixo.

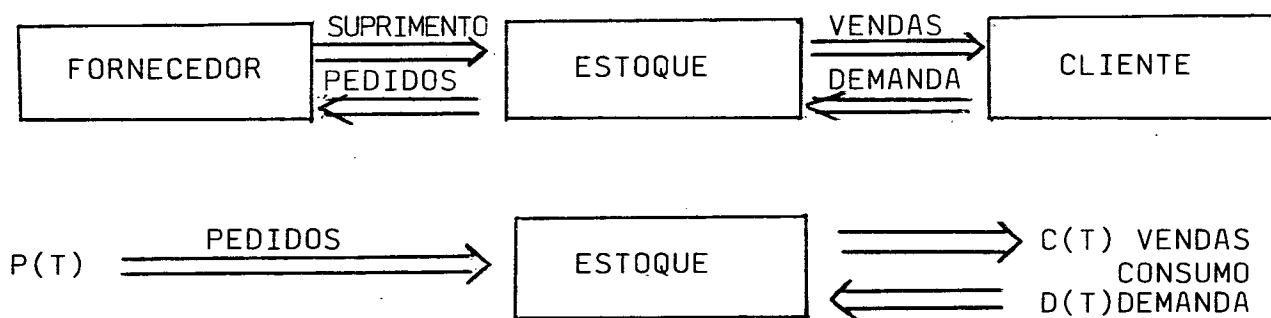


Figura 1 - MODELO DE ESTOQUE

Se a quantidade de estoque, no início do período, for $E(T_0)$, então:

$$E(T) = E(T_0) + \int_{T_0}^T P(S)DS - \int_{T_0}^T D(S)DS \quad (1.1)$$

onde 1.1 é a equação básica e $E(T)$ é a quantidade atual de estoque.

Definindo os custos de aquisição de $C(P(T))$, os custos de posse $H(E(T))$ e $E(T)$ a quantidade em estoque no período t , temos:

$$CT(D) = \int_{T_0}^T \left[C(P(T) + H \left[E(T_0) + \int_{T_0}^T P(S)DS - \int_{T_0}^T D(S)DS \right] \right] DS \quad (1.2)$$

onde:

$$E(T_0) + \int_{T_0}^T P(S)DS \geq \int_{T_0}^T D(S)DS \quad (1.3)$$

cujo objetivo é

Minimizar $CT(D)$.

NADDOR (23) relata que em qualquer modelo de estoque são reconhecidos os quatro componentes:

- Demanda
- Suprimentos (reabastecimento)
- Custos
- Restrições

Para uma familiarização com o problema do abastecimento de carvão mineral numa usina siderúrgica, serão apresentadas, neste capítulo, não só as variáveis e restrições envolvidas na demanda, como também todos os custos incidentes e limitações no ressurgimento do carvão mineral.

3.2 - DEMANDA

Os estoques existem para satisfazer uma determinada demanda. Pode-se definir a demanda como a quantidade consumida a cada período, podendo ser conceituada como dependente ou independente.

A demanda é independente quando não está relacionada com a de outros itens, podendo ser constante ou variável, determinística ou probabilística. Nos modelos probabilísticos, estudam-se a adequação e o comportamento da demanda, que assume certas características das distribuições de probabilidades conhecidas onde, a análise dos dados históricos permite a obtenção de um modelo bem acurado sobre o comportamento da demanda. Quando a demanda apresenta-se periódica ou sazonal, há possibilidade de se aplicar o desenvolvimento das séries de FOURIER, em sua pesquisa e determinação, como são apresentadas por BROWN e TAUBERT e BUFFA (05).

A demanda de um item é considerada dependente quando se relaciona ou deriva da demanda de outros itens ou produtos acabados, podendo assim ser determinada através da demanda daqueles itens dos quais é dependente.

Em vários casos, a demanda de um produto é contínua e a demanda dos itens dependentes é, em geral, descontínua, podendo haver vários períodos com demanda em quantidades diferentes, ou sem nenhuma demanda. Na indústria, esta situação é mais comum onde há vários níveis de estoques e a matéria-prima e os produtos semi-acabados e acabados possuem relação de dependência na demanda.

3.2.1 - Demanda de Carvão Coqueificável

Numa siderurgia integrada a coque, a demanda de carvão mineral é dependente de qualidade e quantidade a ser produzida de coque. Para atender a esta quantidade é especificada uma mistura com suas características físicas e químicas, que será formada por diferentes carvões ofertados, que já foram testados.

Para a definição desta demanda, MONNERAT (21) apresenta um modelo cuja função objetiva é minimizar o custo total da produção de coque a partir da utilização dos carvões ofertados, sujeitos às restrições de participação percentual de cada carvão, quanto às propriedades e restrições técnico-operacionais, as quais estão sujeitas a mistura para produção do coque desejável.

Da saída do modelo obtém-se a participação de cada carvão na mistura e conseqüentemente, a demanda num determinado período de produção.

Esta demanda (consumo) é dependente da produção de coque que é contínua e, conseqüentemente, será também contínua. Assim pode-se definir o consumo total de carvão durante um determinado período como sendo a soma de todos os carvões a serem consumidos no mesmo período.

Para o abastecimento da usina, após definida a composição da mistura, cada carvão que compõe a mistura será considerado como um item de demanda.

Para que os objetivos desejados sejam atingidos, a política ótima de consumo deve, necessariamente, ser compatibilizada com o planejamento ótimo de compra e abastecimento de carvão.

A mistura terá suas características físicas e químicas bem definidas, com o objetivo de atender às especificações do coque a ser produzido, sendo que os carvões ofertados também são conhecidos e testados, onde se pode definir uma especificação química e física de cada carvão.

Uma certa mistura, definida pela área de produção de uma siderurgia, será formada a partir de várias composições de carvões diferentes. Pode-se então ter um conjunto finito de composições quando se tem diversos carvões. Neste sentido uma composição de carvões deverá atender as especificações químicas e físicas da mistura desejável.

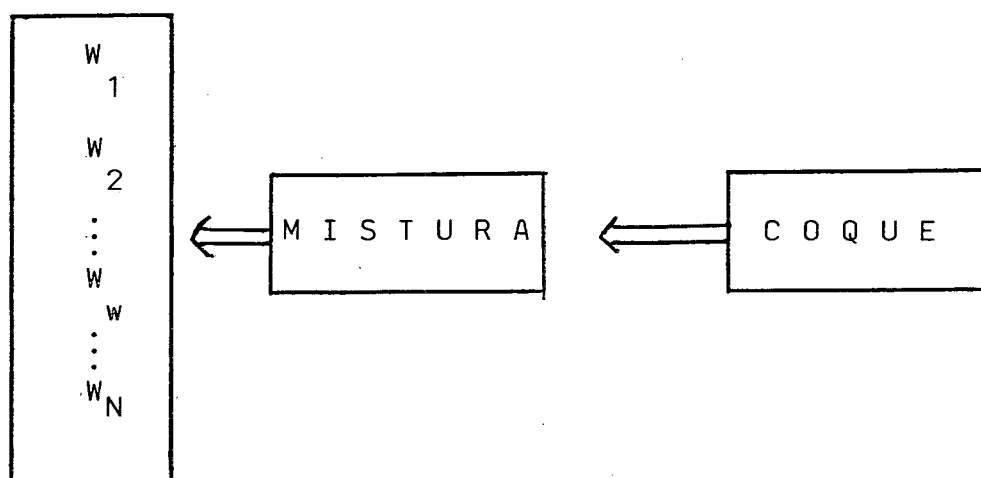


Figura 3.2.1 - DEMANDA CARVOES

O objetivo será escolher uma composição que, ao ser elaborado o planejamento das compras, embarques e consumo dos carvões pertencentes a ela será obtido o menor custo total. Todas as composições são viáveis e atendem às necessidades da mistura e consequentemente à produção do coque.

Considera-se que a qualidade de um carvão é definida em função da mina onde é extraído e de acordo com as experiências nem sempre é possível obter um outro carvão de origem diferente com as mesmas qualidades. Sendo assim, um carvão pertencente a uma determinada composição não poderá ser substituído nas mesmas condições por outro carvão, mesmo sendo ambos pertencentes ao mesmo grupo volátil (Alto volátil, Médio volátil e Baixo volátil).

Para elaborar o planejamento devem-se conhecer as variáveis envolvidas nas atividades de ressuprimento do carvão, bem como restrições e custos envolvidos, com o objetivo de definir questões como:

QUANDO ABASTECER (REPOR)?

- A cada t unidade de tempo.
- Sempre que atingir um nível S de estoque.

QUANTO ABASTECER (REPOR)?

- Repor q unidades.
- Repor até atingir um nível S de estoque.

3.3 - RESSUPRIMENTO DE CARVAO COQUEIFICÁVEL

A solução do abastecimento de uma usina siderúrgica com carvão mineral pode ser definida como um sistema de estoque que,

normalmente, é encontrado através do emprego de um conjunto de variáveis controladas, as quais produzirão a minimização dos custos envolvidos ou a maximização do lucro esperado, com o auxílio de modelos matemáticos.

Quando a solução não pode ser encontrada através da descrição de um conjunto de variáveis, ela é determinada através de um conjunto de regras básicas que direcionam a melhor decisão.

Analisar a função do abastecimento é estudar o conjunto das atividades que permitem colocar à disposição de uma empresa, em tempo oportuno e em quantidades e qualidades desejadas, todos os produtos e materiais necessários ao seu funcionamento, a custos mínimos.

A maioria dos carvões consumidos na siderurgia brasileira é importada, e os fornecedores (minas) estão localizados em outros continentes, sendo necessário percorrer grandes distâncias até chegar às siderurgias.

Devido ao grande volume e às grandes distâncias entre os fornecedores e a siderurgia, os transportes são realizados por navios graneleiros de longo curso, afretados no mercado pelas siderúrgicas sob a modalidade TIME CHARTES. Uma das regras a ser considerada, é que em um mesmo embarque só poderão ser transportados carvões que tenham um mesmo porto de origem.

Após identificadas as composições viáveis para a formação da mistura, surge o problema de definir qual composição deverá ser escolhida e como realizar o planejamento dos embarques para cada carvão pertencente a ela.

Para a definição adotou-se a seguinte metodologia:

- Definir o custo total para o planejamento dos embarques de cada composição.
- Optar por aquela composição que obteve o menor custo total.

Para a definição do custo total de uma determinada composição, será adotado o tratamento de agregação em famílias. Para definir os itens pertencentes a uma determinada família, ELLENRIEDER (10) apresenta um procedimento para formar as famílias onde os itens pertencentes a ela terão o mesmo período de reposição.

Os carvões pertencentes a uma determinada família serão todos aqueles provenientes do mesmo porto de origem. Após identificadas as famílias, o objetivo será a otimização dessas famílias pertencentes a uma composição.

Quando é conhecido o grupo de carvões que pertencem a mesma composição e ao mesmo porto de origem, conseqüentemente a ele será repostado de um mesmo período, ou seja, será embarcado em um mesmo navio, e esse grupo será considerado como uma unidade de estoque onde a demanda total no período do grupo pertencente a uma determinada composição será igual a soma da demanda de todos os carvões pertencentes ao grupo.

Assim, pode-se elaborar um planejamento agregado para o gerenciamento dos estoques onde são definidas as famílias de carvões que pertencem ao mesmo porto de origem.

Após ser identificada a família, o problema passa a definição das restrições para os embarques e estoques a serem mantidos na usina.

3.4 - RESTRIÇÕES PARA ABASTECIMENTO

Para abastecer uma usina siderúrgica com carvão mineral terão que ser satisfeitas certas restrições tais como:

- Porte do navio;

- Estoque de segurança;
- Estoque máximo permitido.

3.4.1 - Porte do Navio

Uma das restrições no abastecimento de carvão é a capacidade do navio, pois há portos cuja estrutura e características operacionais não permitem receber navios de porte que ultrapasse um determinado valor.

No mercado de afretamento de navios, existe uma variedade de porte e de tamanho de navios graneleiros disponíveis e em condições de realizar o transporte do carvão mineral, do porto de carga, ao porto de descarga.

A capacidade de um navio será a quantidade máxima de carvão mineral que ele poderá transportar. O navio de um determinado porte poderá transportar no máximo uma quantidade limitada pelo seu porte.

Essa limitação existe nos portos de carga e descarga, sendo que no BRASIL há mais de um porto com características distintas, em condições de receber o carvão. Toda quantidade embarcada será limitada primeiramente pela capacidade do porto de descarga. Isto ocorrerá quando o porto de carga tiver capacidade de receber navios de portes maiores do que o porto de descarga. Caso contrário a limitação será o porte máximo permitido para atracar no porto de carga.

3.4.2 - Estoque de Reserva

Estoque de reserva ou estoque de segurança é a quantida

de mínima que deverá ser mantida em estoque a fim de atender às eventuais flutuações desfavoráveis na demanda e no prazo de entrega dos itens, durante o período de reposição.

Período de reposição é o tempo que decorre entre dois recebimentos sucessivos, sendo definido também como intervalo de abastecimento.

O tempo de suprimento é o tempo necessário para abastecer a usina com carvão e é composto pelos tempos associados às seguintes atividades:

- Preparo da documentação;
- Chegada do navio ao porto de carga;
- Espera no porto para iniciar o carregamento;
- Carregamento do navio;
- Viagem do porto de carga ao porto de descarga;
- Espera para iniciar a descarga;
- Descarga do navio;
- Viagem do porto de descarga para a usina;
- Colocar o carvão em condições para o consumo na usina.

Para o caso do carvão mineral os tempos de ressuprimento são independentes entre si.

O objetivo fundamental no dimensionamento do estoque de reserva é evitar immobilizações financeiras excessivas e desnecessárias e absorver todas as imperfeições da metodologia adotada no abastecimento, para evitar ruptura nos estoques, garantindo o fluxo normal de produção.

COUTO (09) apresenta o estoque de segurança para os carvões agrupados por tipo de matéria volátil (AV, MV, BV) adotando a distribuição de STUDENT para uma probabilidade de não faltar estoque (P) de 95%. O modelo adotado por ele considera uma quantidade

de fixa por abastecimento realizado em navios de mesmo porte e não considera a possibilidade de os carvões pertencentes ao mesmo grupo de matéria volátil serem embarcados em portos diferentes. Quando há incerteza no consumo e no tempo previsto para o ressurgimento, CORREIA (8) propôs o seguinte estoque de segurança:

$$ER = A \times B \times (P + X) + C \times X$$

onde:

A = desvio padrão do consumo durante o período P;

B = fator de multiplicação do desvio-padrão;

P = período de suprimento;

X = atraso na entrega em meses em relação ao período P;

C = média do consumo no período.

onde são consideradas as variações no tempo de ressurgimento e no consumo entre duas reposições sucessivas.

Para o carvão, os estoques de reserva serão determinados em função das flutuações verificadas no tempo de reposição, uma vez que a demanda do carvão é previamente determinada e não possui comportamento probabilístico nem sazonal.

O tempo de reposição dependerá das condições operacionais dos portos de carga e descarga e do porte do navio que irá realizar o transporte; o tempo necessário para a tramitação dos processos administrativos para viabilizar o abastecimento é independente e tem um comportamento idêntico para todos os carvões.

Uma família de carvões pertencentes a uma determinada composição terá o seu estoque de reserva definido em função do porto de descarga e do porte do navio a ser utilizado no transporte. Os carvões pertencentes a mesma família e composição terão seus estoques de reserva, em dia para o consumo, equivalentes.

3.4.3 - Estoque Máximo

A formação do estoque será limitada superiormente à quantidade a ser estocada evitando-se que ele atinja níveis economicamente indesejáveis à empresa.

Esta limitação é bastante clara para aqueles itens que possuem uma forte sazonalidade ou incorram em custos de obsolescimento, ou seja, perecíveis. Para esta situação, cuidados especiais devem ser tomados, uma das formas para o cálculo do estoque limite poderá ser o modelo do jornaleiro.

Para o carvão mineral, será limitado o tempo de permanência em estoque, de modo a se evitar o fenômeno da oxidação que é responsável pela diminuição do poder coqueificante do carvão. Esta limitação será simples e única para todos os carvões.

A restrição do estoque máximo será uma limitação da quantidade a ser recebida por embarque onde a quantidade a ser recebida mais o estoque de reserva não poderá ultrapassar o estoque máximo definido.

3.5 - CUSTO

As decisões tomadas em uma empresa estão geralmente relacionadas à solução de problemas de maximização ou minimização de uma determinada função, sujeitas a uma série de critérios. As decisões envolvidas no abastecimento está relacionada com a minimização dos custos totais envolvidos.

3.5.1 - Custos de Reposição ou Abastecimento

Os custos de reposição são definidos como sendo custos incidentes em cada abastecimento realizado e está relacionado com o número de repoições realizadas durante um determinado período.

O custo de reposição será definido em função do porte ' do navio e do porto de descarga utilizado no abastecimento e será denominado de custo fixo de abastecimento.

Considerando que em condições normais o carvão ou uma família, poderá ser embarcado apenas em um porto de carga, define-se que, para um mesmo porte de navio originário de um porto de carga, existe um custo fixo de abastecimento, independente da quantidade embarcada. Este custo é fixo para cada porte de navio e não está relacionado com o porto de descarga.

Além de um custo fixo para cada porte de navio tem-se um custo unitário para cada unidade desembarcada que esta relacionada apenas com o porto de descarga. Este custo será denominado de custo unitário por abastecimento.

Sendo assim, o custo de reposição de um determinado embarque será o produto do custo unitário com a quantidade embarcada, ou recebida, mais o custo fixo por abastecimento.

3.5.2 - Custo-Manutenção dos Estoques

Custo-Manutenção dos estoques ou custo de posse do estoque representa um custo para manter um valor em estoque durante um determinado período T. Este custo é composto por custo de oportunidade do capital investido em estoque, os custos de armazenagem especial quando for o caso, custos de administração, custos '

de obsolescência além de seguros contra sinistros.

A literatura em geral que trata do assunto específico relata que a maior parcela ou a quase totalidade do custo de manutenção dos estoques é constituído pelo custo de oportunidade do capital, o qual é teoricamente representado pelo retorno da oportunidade mais atrativa, que não pode ser utilizada em virtude da decisão de investir os recursos disponíveis em estoques.

O custo de posse ou manutenção dos estoques é considerado proporcional à quantidade em estoque e na prática, é calculado em termos de um percentual sobre o valor em estoque durante um período T e, dependendo da forma como os estoques são consumidos, há um grande risco de serem utilizados em sua totalidade, podendo haver atraso nas entregas. Nessas situações poderá haver falta de estoque e, conseqüentemente, haverá perda de vendas, redução ou paralização da produção, promovendo um custo de falta.

Como o estoque de reserva para uma determinada família ou carvão pertencente a uma composição, originário de um porto de carga, terá variações dependendo do porto de descarga e do porte do navio que irá realizar o transporte, será incluída no custo-manutenção dos estoques a parcela referente à manutenção do estoque de reserva que será um percentual sobre o valor do estoque de reserva a ser mantido. Esta parcela será incluída considerando que a decisão em utilizar portes de navios e porto de descarga diferentes para uma mesma família resultará em manter estoque de reserva diferentes.

O custo de manutenção será igual ao custo para manter um estoque acima do de reserva mais o custo para manter o estoque de reserva durante um período T .

3.5.3 - Custo Total Abastecimento

O custo total de abastecimento é constituído pela soma de todos os custos decorrentes da atividade de abastecimento durante um determinado período, compreendendo a soma dos custos de manutenção e de reposição dos estoques, e tem um comportamento conforme a figura abaixo:

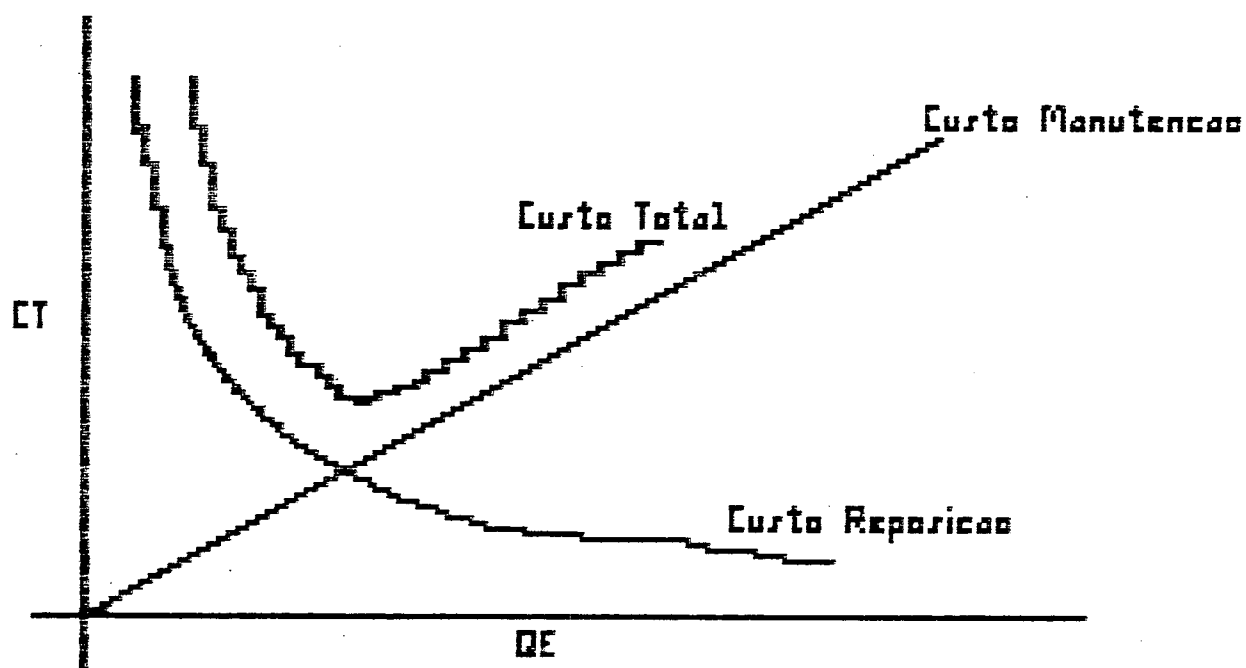


Figura 3.5.3.1 - CUSTO ABASTECIMENTO

O objetivo é minimizar o custo total encontrado através dos modelos de reposição, sujeitos ou não a restrições, que dará a indicação para tomada de decisão sobre o abastecimento.

Conforme se verifica na figura 3.5.3.1 existe um ponto mínimo do custo total relacionado com uma quantidade ótima cujo o objetivo é encontrá-lo.

3.6 - COMENTÁRIOS

Foram apresentadas neste capítulo, as variáveis e os parâmetros envolvidos no abastecimento do carvão mineral tais como:

- custos;
- demanda;
- restrições.

Uma característica dos custos de reposição é que eles estão relacionados diretamente com o carvão e, para sua quantificação, é necessário conhecer os seguintes itens:

- Qual o porto de carga;
- Qual será o porte do navio utilizado;
- Qual será o porto de descarga.

Um carvão poderá ser embarcado apenas por um porto, mas, para o desembarque, poderá optar por um que atenda os objetivos a serem alcançados. A quantidade a ser recebida por embarque será limitada em função do porte de navio permitido para realizar o transporte, devido às características dos portos de carga e descarga.

A demanda de um carvão é dependente e determinística e está relacionada com uma composição de carvões que irá formar uma mistura com qualidades pré-determinadas, sendo possível formar um conjunto finito de composições de carvões; um carvão pertencente a uma determinada composição não poderá ser substituído por outro carvão com o mesmo resultado.

O estoque de reserva bem como o custo-manutenção dos estoques de uma família ou carvão pertencentes a uma composição, se

rá dimensionado em função do porte do navio e do porto de descarga utilizado no abastecimento.

As variáveis e restrições envolvidas no abastecimento do carvão foram apresentadas com o objetivo de formular uma proposta para a solução do abastecimento do carvão, que será desenvolvida no próximo capítulo.

CAPÍTULO IV

PROPOSTA SOLUÇÃO PARA ABASTECIMENTO DO CARVÃO

4.1 - INTRODUÇÃO

A principal finalidade deste trabalho é traçar uma indicação para o abastecimento. Analisar a função do abastecimento de carvão mineral para siderurgia é estudar o conjunto das atividades que permitem colocar à disposição da usina, em tempo oportuno e em quantidades desejadas, os carvões necessários ao fluxo normal de produção, a custos mínimos.

Numa siderurgia onde grandes investimentos são feitos para o abastecimento de carvão mineral, a política de abastecimento deverá ser focalizada sob os seguintes aspectos:

- Aspectos econômicos e operacionais, que possibilitem a minimização dos custos totais envolvidos.
- Garantia de abastecimento dando continuidade ao fluxo normal de produção.

Os carvões consumidos pelas siderurgias brasileiras são transportados por navios graneleiros e embarcados em diversos portos; assim a solução do problema é possível após a identificação dos portos de origem de cada carvão classificados em dois grupos:

1. Portos onde é embarcado apenas um carvão;
2. Portos onde são embarcados mais de um carvão.

A distinção entre os dois grupos é que, no segundo grupo, na reposição poderão ser agrupados os itens (carvões) que pertencem ao mesmo porto de carga em um mesmo embarque (navio) para reposição, sendo que, no primeiro, só poderá ser transportado um item (carvão) por embarque.

Para definir o abastecimento, este capítulo deverá apresentar um algoritmo que selecione uma das composições de carvões que apresentarem o menor custo total no abastecimento, onde deverão ser levados em conta os estoques de segurança e os estoques máximos. Deverá definir também qual o porte do navio que irá realizar o transporte, qual o porto de descarga e quanto deverá ser repostado por abastecimento de cada carvão pertencente à composição.

4.2 - DEMANDA

Conforme relatado em (3.2.1) a demanda do carvão mineral é dependente da produção de coque e definida como contínua e determinística. Após definida uma mistura, com suas qualidades físicas e químicas, poderiam ser obtidas várias composições de carvões que atendam as estas qualidades.

Os carvões serão agrupados por famílias pertencentes ao mesmo porto de origem. Sendo assim a demanda i para um determinado período T seria:

$$D^{w,i} = \sum_k A_k^{w,i} \quad (4.1)$$

onde:

$D^{w,i}$ = Demanda da família i pertencente a composição w , ao longo do período T de planejamento.

$A_k^{w,i}$ = Demanda do carvão k pertencente a família i, da composição w, ao longo do período T.

Uma família i define o seu porto de carga, ou seja, a família i tem como porto de carga o porto i pertencente ao conjunto de portos de carga disponíveis.

A demanda de uma composição será

$$B^w = \sum_i \sum_k A_k^{w,i} \quad (4.2)$$

B^w = demanda total da composição w

Substituindo (4.1) em (4.2)

$$B^w = \sum_i D^{w,i} \quad (4.3)$$

onde

$\sum_i D^{w,i}$ = Soma da demanda de todas as famílias i pertencentes a composição w.

B^w deverá ser igual a quantidade da mistura a ser consumida no período. Após definida a demanda e identificado as composições viáveis o problema será definir as restrições envolvidas no abastecimento.

4.3 - RESTRIÇÕES

Para a realização do abastecimento terá que satisfazer a certas restrições conforme relatadas no capítulo III que são:

4.3.1 - Estoque de Reserva

O estoque de Reserva de uma família i , pertencente a uma composição w , será definido em função do porto de navio utilizado no transporte e do porto de descarga.

Para definir o estoque de reserva deverá ser definido em primeiro lugar o fator P de multiplicação do desvio-padrão conforme é adotado por COUTO (09), e CORREIA (8) e em geral pela literatura específica.

Como os tempos de cada atividade necessária para a realização do abastecimento dos carvões são independentes tem-se que:

$$S_{l,j}^i = \sum_a S_{a,l,j}^i \quad (4.4)$$

onde:

$S_{l,j}^i$ = tempo total esperado para o ressuprimento da família i em navio de porte l com descarga no porto de descarga j .

$S_{a,l,j}^i$ = tempo esperado para o ressuprimento de família i para realizar a atividade a , em navios de porte l com descarga no porto de descarga j .

Considera-se que as atividades são independentes, onde tem-se que:

$$V_{1,j}^i = \sum_a v_{a,1,j}^i \quad (4.5)$$

onde:

$V_{1,j}^i$ = Variância do tempo para ressuprimento da família i em navio de porte l com descarga no porto de descarga j .

$v_{a,1,j}^i$ = Variância do tempo para ressuprimento da família i obtido na atividade a em navios de porte l com descarga em porto de descarga j .

Sendo assim:

$$\sigma_{1,j}^i = \sqrt{V_{1,j}^i} \quad (4.6)$$

onde

$\sigma_{1,j}^i$ = Desvio padrão do tempo total para ressuprimento da família i realizado em navio de porte l com descarga no porto de descarga j .

Utilizando o fator p de segurança considerando-se o valor da função de serviço, tendo como hipótese de que os erros de previsão são normalmente distribuídos e que o risco assumido será de $(1-p)$ tem-se: (CORREA 08) e (BROW 04)

$$\Delta_{1,j}^i = p \sqrt{V_{1,j}^i} \quad (4.7)$$

substituindo (4.6) em (4.7)

$$\Delta_{1,j}^i = p \cdot \sigma_{1,j}^i \quad (4.8)$$

onde

$\Delta_{1,j}^i$ = Estoque de reserva, representado por uma fração do tempo T de planejamento, da família i com embarques em navio de porte l com destino ao porto de descarga j .

O estoque de reserva para um carvão será:

$$\frac{e_{k,1,j}^{w,i}}{k} = \frac{A_k^{w,i}}{T} \cdot P \sqrt{\sum_a v_{a,1,j}^i} \quad (4.9)$$

onde:

$e_{k,1,j}^{w,i}$ = Estoque de reserva a ser mantido para o carvão k da família i pertencente a composição w a ser transportado no navio de porte l com descarga no porto de descarga j .

Para uma família será:

$$\frac{E_{1,j}^{w,i}}{k} = \frac{\sum_k A_k^{w,i}}{T} \cdot P \sqrt{\sum_a v_{a,1,j}^i} \quad (4.10)$$

logo de 4.1 e 4.8 tem-se:

$$\underline{E}_{1,j}^{w,i} = \frac{D^{w,i}}{T} \cdot \Delta_{1,j}^i \quad (4.11)$$

onde

$\underline{E}_{1,j}^{w,i}$ = Estoque de reserva a ser mantido para a família i pertencente a composição w transportada em navios de porte l com descarga no porto de descarga j .

4.3.2 - Estoque Máximo

O estoque máximo será limitado no sentido de evitar o fenômeno da oxidação do carvão. Para um carvão o estoque máximo será:

$$\bar{e}_k^{w,i} = \frac{A_k^{w,i}}{T} \cdot 0 \quad (4.12)$$

onde:

$\bar{e}_k^{w,i}$ = Estoque máximo permitido para o carvão k da família i pertencente a composição w .

0 = Tempo máximo permitido em estoque sem que haja a oxidação.

Para uma família o estoque máximo será:

$$\bar{E}^{w,i} = \frac{\sum_k A_k^{w,i}}{T} \cdot 0 \quad (4.13)$$

Substituindo 4.12 em 4.13 tem-se:

$$\bar{E}^{w,i} = \sum_k \bar{e}_k^{w,i} \quad (4.14)$$

Substituindo 4.1 em 4.13 tem-se:

$$\bar{E}^{w,i} = \frac{D^{w,i}}{T} \cdot 0 \quad (4.15)$$

onde:

$\bar{E}^{w,i}$ = Estoque máximo permitido para a família i pertencente a composição w

4.3.3 - Porte Navio

Uma das restrições citadas no Capítulo III é também o porte de navio a ser utilizado no transporte, que deverá atender as características do porto de carga e descarga.

Seja:

L_i^+ = O porte máximo de navio que poderá atracar no porto de carga i

L_j^+ = O porte máximo de navio que poderá atracar no porto de descarga j

então

$$q_{k,l,j}^{w,i} \leq \min (L_i^+, L_j^+) \quad (4.16)$$

onde

$q_{k,l,j}^{w,i}$ = quantidade a ser embarcada do carvão k pertencente a família i da composição w .

Para uma família a quantidade a ser embarcada será:

$$Q_{l,j}^{w,i} = \sum_k q_{k,l,j}^{w,i} \leq \min (L_i^+, L_j^+) \quad (4.17)$$

onde

$Q_{l,j}^{w,i}$ = quantidade a ser embarcada para a família i pertencente a composição w em navio de porte l para o porto de descarga j .

logo:

$$\sum_k q_{k,1,j}^{w,i} + \sum_k e_{k,1,j}^{w,i} \leq \sum_k \bar{e}_k^{w,i} \quad (4.18)$$

$$Q_{1,j}^{w,i} + E_{1,j}^{w,i} \leq \bar{E}^{w,i} \quad (4.19)$$

$$Q_{1,j}^{w,i} \leq \bar{E}^{w,i} - E_{1,j}^{w,i} \quad (4.20)$$

onde o estoque máximo permitido menos o estoque de reserva é também uma limitação da quantidade a ser recebida.

4.4 - CUSTOS

Os custos envolvidos no abastecimento do carvão serão relacionados abaixo:

4.4.1 - Custos de Reposição ou Abastecimento

O custo de reposição ou abastecimento será composto pelo custo do transporte, serviços administrativos e da descarga, sendo:

$$r_{k,1,j}^{w,i} = \frac{A_k^{w,i}}{q_{k,1,j}^{w,i}} \cdot \frac{x_{1,j}^i}{\sum_k q_{k,1,j}^{w,i}} \cdot q_{k,1,j}^{w,i} + x_j \cdot A_k^{w,i} \quad (4.21)$$

$$r_{k,1,j}^{w,i} = A_k^{w,i} \cdot \left(\frac{x_{1,j}^i}{\sum_k q_{k,1,j}^{w,i}} + x_j \right) \quad (4.22)$$

onde:

$r_{k,1,j}^{w,i}$ = Custo de reposição do carvão k transportado em navios de porte l para o porto de descarga j pertencente a família i da composição w

$x_{1,j}^i$ = Custo fixo para abastecer um navio de porte l para o porto de descarga j da família i pertencente a composição w

x_j = Custo unitário para descarga a ser realizada no porto de descarga j

Para uma família será:

$$R_{1,j}^{w,i} = \sum_k r_{k,1,j}^{w,i} \quad (4.23)$$

$$R_{1,j}^{w,i} = \frac{\sum_k A_k^{w,i}}{\sum_k q_{k,1,j}^{w,i}} \cdot x_{1,j}^i + \left(x_j \cdot \sum_k A_k^{w,i} \right) \quad (4.24)$$

$$R_{1,j}^{w,i} = \frac{D^{w,i} \cdot x_{1,j}^i}{Q_{1,j}^{w,i}} + \left(x_j \cdot D^{w,i} \right) \quad (4.25)$$

onde

$R_{1,j}^{w,i}$ = Custo de reposição da família i pertencente a composição w transportada em navio de porte l para o porto de descarga j.

4.4.2 - Custo de Manutenção dos Estoques

Este custo irá incidir sobre os estoques a serem mantidos na USINA e depende do custo unitário do carvão sendo calculado pelo:

$$U^{w,i} = \frac{\sum_k (u_k^{w,i} \cdot A_k^{w,i})}{\sum_k A_k^{w,i}} \quad (4.26)$$

onde

$U^{w,i}$ = Custo unitário da família i pertencente a composição w

$u_k^{w,i}$ = Custo unitário do carvão k ou ainda pertencente a família i da composição w

$$U^{w,i} = \frac{\sum_k (u_k^{w,i} \cdot A_k^{w,i})}{D^{w,i}} \quad (4.27)$$

$$m_{k,l,j}^{w,i} = \left(\frac{u_k^{w,i} \cdot q_{k,l,j}^{w,i} \cdot F}{2} \right) + \left(\frac{e_{k,l,j}^{w,i} \cdot u_k^{w,i} \cdot F}{2} \right) \quad (4.28)$$

onde:

$m_{k,l,j}^{w,i}$ = Custo de manutenção dos estoques do carvão k transportado em navio de porte l para o porto de descarga j pertencente a família i de composição w

F = Fator referente a uma taxa de mínima atratividade utilizada durante o período de planejamento

$\frac{u_k^{w,i} \cdot q_{k,1,j}^{w,i}}{2} \cdot F =$ Custo para manter o estoque médio durante um período T em função da quantidade a serem recebidos do carvão k

$e_{k,1,j}^{w,i} \cdot u^{w,i} \cdot F =$ Custo para manter o estoque de reserva do carvão k a ser transportado em navio de porte l com descarga no porto j.

Para uma família i o custo de manutenção será:

$$M_{1,j}^{w,i} = \frac{\frac{\sum_k u_k^{w,i} \cdot A_k^{w,i}}{\sum_k A_k^{w,i}} \cdot \sum_k q_{k,1,j}^{w,i}}{2} \cdot F + \sum_k \left(e_{k,1,j}^{w,i} u_k^{w,i} \cdot F \right) \quad (4.29)$$

$$M_{1,j}^{w,i} = \left(\frac{U^{w,i} \cdot Q_{1,j}^{w,i}}{2} \cdot F \right) + \left(E_{1,j}^{w,i} \cdot U^{w,i} \cdot F \right) \quad (4.30)$$

$$M_{1,j}^{w,i} = \frac{U^{w,i} \cdot F \left(Q_{1,j}^{w,i} + 2E_{1,j}^{w,i} \right)}{2} \quad (4.31)$$

fazendo

$$F^{w,i} = U^{w,i} \times F$$

$$M_{1,j}^{w,i} = \frac{F^{w,i} \cdot \left(Q_{1,j}^{w,i} + 2E_{1,j}^{w,i} \right)}{2} \quad (4.32)$$

onde:

$M_{1,j}^{w,i} =$ Custo de manutenção da família i pertencente a composição w a ser transportada em navios de porte l para o porto de descarga j.

4.4.3 - Custo Total Abastecimento

O custo total para o abastecimento de uma determinada família será a soma de todos os custos envolvidos no abastecimento desta família e está relacionado com o porte do navio utilizado no transporte e com o porto de descarga. Para um carvão o custo total para o abastecimento será:

$$\begin{aligned}
 c_{k,l,j}^{w,i} = & A_k^{w,i} \cdot u_k^{w,i} + A_k^{w,i} \cdot \left(\frac{x_{l,j}^{w,i}}{\sum_k q_{k,l,j}^{w,i}} + \right. \\
 & \left. + x_j \cdot A_k^{w,i} \right) + \left[\left(\frac{u_k^{w,i} \times q_{k,l,j}^{w,i} \cdot F}{2} \right) + \right. \\
 & \left. \left(\frac{e_{k,l,j}^{w,i} \cdot u_k^{w,i} \cdot F}{2} \right) \right] \quad (4.33)
 \end{aligned}$$

Substituindo 4.22 e 4.28 em 4.35 tem-se:

$$c_{k,l,j}^{w,i} = A_k^{w,i} \cdot u_k^{w,i} + r_{k,l,j}^{w,i} + m_{k,l,j}^{w,i} \quad (4.34)$$

onde:

$c_{k,l,j}^{w,i}$ = Custo total abastecimento do carvão k a ser transportado em navio de porte l para o porto de descarga j pertencente a família k da composição w para atender a um período de planejamento T.

Para uma família i o custo total de abastecimento será:

$$C_{1,j}^{w,i} = \sum_k \left(A_k^{w,i} \cdot u_k^{w,i} \right) + \left(\frac{\sum_k A_k^{w,i} \cdot x_{1,j}^{w,i} + x_j \cdot \sum_k A_k^{w,i}}{\sum_k q_{k,1,j}^{w,i}} \right) + \left[\frac{\frac{\sum_k (u_k^{w,i} \cdot q_{k,1,j}^{w,i})}{\sum_k A_k^{w,i}} \cdot \sum_k q_{k,1,j}^{w,i}}{2} \cdot F + \sum_k \left(e_{k,1,j}^{w,i} \cdot u_{k,1,j}^{w,i} \right) \cdot F \right] \quad (4.35)$$

Substituindo 4.1, 4.24 e 4.29 em 4.35 tem-se:

$$C_{1,j}^{w,i} = D^{w,i} \cdot U^{w,i} + R_{1,j}^{w,i} + M_{1,j}^{w,i} \quad (4.36)$$

onde:

$C_{1,j}^{w,i}$ = Custo total abastecimento da família i pertencente a composição w a ser transportada em navio de porte l para o porto de descarga j .

Após ter definido as variáveis e parâmetros envolvidos no abastecimento do carvão mineral, o objetivo passa a ser a definição de um ressuprimento que ao ser planejado obtém o menor custo total que será discutido a seguir.

4.5 - RESSUPRIMENTO

Para determinar o ressuprimento de uma família será adotada a seguinte metodologia:

- Definir o porte máximo de navio que poderá realizar o abastecimento
- Calcular o lote econômico para cada porte de navio do menor ao maior porte permitido
- Pesquisar qual lote econômico irá proporcionar o menor custo total, ou seja, encontrar o ponto mínimo da curva de custo total.

Para definir o lote econômico de uma família para um determinado porte de navio e porto de descarga deve-se:

- Calcular o lote econômico utilizando o custo total $(C_{1,j}^{w,i})$ que conseqüentemente fornecerá a quantidade a ser embarcada $Q_{1,j}^{w,i}$
- A quantidade a ser embarcada deverá atender as seguintes restrições:

$$Q_{1,j}^{w,i} \leq \min (L_i^+, L_j^+) \quad (4.37)$$

$$Q_{1,j}^{w,i} \leq E^{w,i} - E_{1,j}^{w,i} \quad (4.38)$$

Para cada porte de navio deverá atender também

$$Q_{1,j}^{w,i} \leq L$$

onde:

L = quantidade máxima de carvão permitido para transportar em navio de porte l

Atendidas as restrições de estoques, dos portos de carga e descarga e do porte do navio l a ser utilizada tem-se que:

$$\bar{E}^{w,i} - \underline{E}_{1,j}^{w,i} \geq Q_{1,j}^{w,i} \leq \min(L_i^t, L_j^t) \quad (4.39)$$

onde:

$Q_{1,j}^{w,i}$ = Quantidade a ser embarcada para a família i pertencente a composição w a ser transportada em navio de porte l e com descarga no porto j .

Para um porto de descarga j calcula-se a quantidade a ser embarcada para cada porte de navios possíveis de realizarem o transporte do porto i do porto j onde para cada $Q_{1,j}^{w,i}$ tem um $C_{1,j}^{w,i}$ correspondente.

Onde l varia de 1 até $\min(L_i^+, L_j^+)$ e j de 1 até P que é o número máximo de portos disponíveis para descarga.

Para cada $Q_{1,j}^{w,i}$ existe um $C_{1,j}^{w,i}$

sendo assim:

$$C_{w,i}^* = \min_{1,j} (C_{1,j}^{w,i}) \quad (4.40)$$

$$Q_{w,i}^* = Q_{1,j}^{w,i} \text{ que obteve o } \min_{1,j} (C_{1,j}^{w,i}) \quad (4.41)$$

Onde:

$Q_{w,i}^*$ = Quantidade ótima a ser recebida por abastecimento de família i pertencente a composição w .

$C_{w,i}^*$ = O menor custo total obtido para a família i pertencente a composição w que está relacionado com $Q_{w,i}^*$.

Após definir para cada família i pertencente a uma composição w a sua quantidade ótima ($Q_{w,i}^*$) o problema será escolher a preferida. Conforme relatado em 3.3 será escolhida a composição que obteve o menor custo total, onde

$$C_{w,i}^* = \min_{l,j} (C_{l,j}^{w,i}) \text{ relacionado com um } Q_{l,j}^{w,i} \quad (4.42)$$

então:

$$G_w = \sum_i C_{w,i}^* \text{ ou } G_w = \sum_i \min_{l,j} (C_{l,j}^{w,i}) \quad (4.43)$$

onde

G_w = Custo total mínimo obtido para realizar o abastecimento da composição w

$$G_w^* = \min (G_w) \quad (4.44)$$

onde

G_w^* = Custo total de composição ótima ao ser realizado o abastecimento para atender o planejamento de composição w deverá ter o menor custo total, dentre todas as composições.

A identificação de G_w^* define o porte do navio e o porto de descarga para cada família pertencente a composição w . Após definir as quantidades ótimas será possível obter:

$E_{w,i}^* = E_{l,j}^{w,i}$ onde l e j são obtidos em $Q_{l,j}^{w,i}$ que obteve o $\min_{l,j} (C_{l,j}^{w,i})$ originando o $Q_{w,i}^*$ pertencente a G_w^* , sendo:

$E_{w,i}^*$ = Estoque de reserva ótimo a ser mantido para a família i pertencente a composição w .

$$e_{k,i,w}^* = \frac{E_{w,i}^*}{D_{w,i}^{w,i}} \cdot A_k^{w,i} \quad (4.45)$$

$e_{k,i,w}^*$ = estoque de reserva ótimo a ser mantido para o carvão k pertencente a família i da composição w que serão embarcadas em navio de porte l com descarga no porto j definida ao calcular o $q_{k,l,j}^{w,i}$

O recebimento de uma família será efetuado quando:

$e_{k,i,w} = e_{k,i,w}^*$ para qualquer carvão k pertencente a família i

Sendo:

$$Z_{w,i}^* = \frac{Q_{w,i}^*}{T} \quad (4.46)$$

Onde:

$Z_{w,i}^*$ = tempo ótimo de reposição dos estoques para a família i pertencente a composição w .

$$N_w = \sum_i \frac{Q_{w,i}^*}{D_i^w} \quad (4.47)$$

Onde:

N_w = Número ótimo de embarques a ser realizado durante o período de planejamento para a composição w .

Toda vez que uma família i tiver que ser embarcada, ou seja, uma vez em cada ciclo ótimo de renovação dos estoques da família i , terá que ser realizada a desagregação dessa família em itens. Assim, o problema passa a ser a definição da quantidade a ser embarcada ou qual o tempo ótimo de renovação para cada carvão pertencente a essa família i .

4.6 - DESAGREGAÇÃO DA FAMÍLIA EM ITENS

Ao ser encomendada uma quantidade $Q_{w,i}^*$ em cada ciclo ótimo de renovação dos estoques de uma família, será realizada a desagregação dos itens pertencentes a essa família.

Os modelos alternativos para realizar esta desagregação têm, em comum, o objetivo de equalizar o tempo esperado de consumo de cada item pertencente à família i .

O objetivo é alocar a quantidade determinada para a família i , de modo que, se a demanda dos itens ocorrer segundo o valor esperado, a quantidade encomendada, mais os estoques disponíveis para todos os itens se esgotarão a um só instante.

HAX e MEAL (15) apresentam um procedimento heurístico para promover a desagregação da família, o qual será adaptado para o caso em questão.

Uma quantidade $q_k^{w,i}$ do carvão k pertencente à família i é determinada pela expressão:

$$q_k^{w,i} = A_k^{w,i} \cdot \frac{(Q_{w,i}^* + \sum_k (e_k^{w,i}) - (e_{k,i,w}^*) + (e_{k,i,w}^* - e_k^{w,i}))}{\sum_k A_k^{w,i}} \quad (4.48)$$

Onde

Onde

$q_k^{*w,i}$ = quantidade ótima a ser embarcada no período, para o carvão k pertencente à família i da composição w

$e_k^{w,i}$ = estoque disponível do carvão k pertencente à família i da composição w

$e_{k,i,w}^*$ = estoque de reserva ótimo do carvão k pertencente à família i da composição w

$A_k^{w,i}$ = demanda esperada do carvão k da família i durante o atual período de desagregação

$Q_{w,i}^*$ = quantidade total a ser embarcada da família i, que foi previamente determinada pelo modelo de otimização a nível de família.

O novo tempo de consumo do carvão k será:

$$z_k^{w,i} = \frac{q_k^{*w,i} + e_k^{w,i} - e_{k,i,w}^*}{A_k^{w,i}} \quad (4.49)$$

Onde:

$$z_k^{w,i} = \frac{Q_{w,i}^* + \sum_i e_k^{w,i} - e_{-k,i,w}^*}{\sum_k A_k^{w,i}} \quad (4.50)$$

Que é constante para todo carvão k pertencente à família i. Isto equaliza o tempo esperado de consumo de todos os carvões da família i, sendo:

$$\sum_k q_k^{*w,i} = Q_{w,i}^* \quad (4.51)$$

Que garante a alocação de toda a quantidade da família i entre os carvões pertencentes a ela.

4.7 - COMENTÁRIOS

Neste capítulo foi apresentada uma proposta para a solução do abastecimento do carvão, utilizando-se modelos de estoques cujo objetivo é a minimização dos custos envolvidos.

Deve ser destacada a formação do estoque de reserva que é definida em função do porto de carga, porte do navio e do porto de descarga. Além disto todos os carvões terão seus estoques máximos limitados, no sentido de evitar sua oxidação.

A quantidade a ser recebida por embarque será limitada em função do porte do navio disponível para realizar o abastecimento e deverá atender às condições operacionais dos portos de carga e descarga, não ultrapassando o estoque máximo permitido conforme definido em 4.3.2.

Destaca-se, também, que os carvões pertencentes ao mesmo porto de origem serão agregados em famílias onde terão o mesmo estoque de reserva e o mesmo período de ressuprimento, sendo os embarques realizados no mesmo navio, onde a definição da quantidade a ser recebida de cada carvão pertencente à mesma família terá o objetivo da equalização do tempo esperado de consumo de cada item pertencente à família.

No próximo capítulo, a metodologia proposta será ilustrada através de exemplos.

CAPÍTULO V

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

5.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma aplicação da metodologia proposta, onde o objetivo principal é o de dar uma indicação para o planejamento do abastecimento do carvão mineral.

Inicialmente serão comentadas as variáveis envolvidas e três composições viáveis de carvões serão apresentadas. Em seguida serão mencionados programas computacionais utilizados e, por fim, serão comentados os resultados obtidos.

5.2 - VARIÁVEIS ENVOLVIDAS

As variáveis envolvidas na aplicação são semelhantes a situações reais existentes hoje na siderurgia brasileira, sendo elas:

a) DEMANDA

É determinística e constante ao longo de um determinado período e foi definida através de um modelo de programação linear.

b) CUSTO DO ITEM

Representa o custo do carvão colocado dentro do navio no porto de origem.

c) CUSTO DE ABASTECIMENTO

O abastecimento do carvão envolve várias etapas e, conseqüentemente, incidem vários custos, sendo eles:

Frete Marítimo

Custo do transporte marítimo do porto de origem ao porto de destino, incluindo o AFRMM (adicional de frete para a renovação da marinha mercante), e o valor do SEGURO

Despesas Portuárias

São as despesas incidentes no desembarque do carvão no porto de descarga, sendo considerados:

TUP - taxa utilização do porto.

TABELA N3.1 - Valor pago à PORTOBRÁS referente ao carvão desembarcado no porto.

Outras despesas incidentes na descarga do navio, como:

- Mão-de-obra direta, estiva e despesas de descarregamento.

Recebimento na USINA - São consideradas aqui as despesas incidentes para que o carvão seja transportado do porto de descarga até o pátio da usina.

d) CUSTO-MANUTENÇÃO

Será considerada uma parcela referente a 20% do valor do item por ano de estocagem.

No quadro 5.2.1, a seguir, é apresentado um conjunto de composições de carvões onde cada uma representa uma demanda para atender a uma mistura pré-determinada.

Será considerado um consumo de 6.100 toneladas/dia de mistura, e a demanda dos carvões pertencentes a uma composição será igual ao consumo de mistura conforme definido em (3.2.1) no capítulo III.

QUADRO (5.2.1) - COMPOSIÇÃO DE CARVÕES

NOME CARVÃO	NOME PORTO DE ORIGEM	COMPOSIÇÕES DE CARVÕES EM %		
		1	2	3
AA	NEW ORLEANS	10,00		6,00
BB	R. BANK		10,00	
CC	NORFOLK		8,00	6,00
DD	SIDNEY		12,00	
EE	GDANSK	21,00	25,00	23,00
FF	R. BANK			
GG	H. POINT			15,00
HH	H. POINT	16,00	16,00	
II	NORFOLK	17,00		14,00
JJ	NEWPORT NEWS	20,00	10,00	7,00
LL	NORFOLK			18,00
MM	N. TERMINAL	6,00	8,00	
NN	IMBITUBA	10,00	11,00	11,00
T O T A L		100,00	100,00	100,00

Considerando que os navios utilizados no abastecimento de carvão são afretados no mercado sob a modalidade **Time Charter**, e que, conseqüentemente, obtém-se um custo total para a utilização do navio durante o tempo necessário para realizar o abastecimento do carvão, onde a limitação será a quantidade máxima a ser embarcada, devido à capacidade do navio e restrições dos portos de carga e descarga, o objetivo será o de adquirir uma quantidade bem superior, no sentido de diluir a parcela fixa referente ao transporte, onde:

$Q_{1,j}^{w,i}$ = quantidade a ser transportada no navio de porte kl da família i pertencente a composição w a ser desembarcado no porto de descarga j .

Onde se

$$Q_{1,j}^{w,i} > L$$

Então

$$Q_{1,j}^{w,i} = L$$

Observando que

$$Q_{1,j}^{w,i} \leq \bar{E}_{1,j}^{w,i} - \underline{E}_{1,j}^{w,i}$$

poderá ser citado que

$$\bar{E}_{1,j}^{w,i} - \underline{E}_{1,j}^{w,i} \geq Q_{1,j}^{w,i} \leq L$$

Para se determinar $Q_{1,j}^{w,i}$ basta derivar a função $C_{1,j}^{w,i}$ e igualar a zero, onde o tempo ótimo de reposição da família i da composição w a ser transportado em navio de porte l com descarga no porto j será:

$$Z_{1,j}^{w,i} = \frac{Q_{1,j}^{w,i}}{T}$$

Após encontrar-se a quantidade ou o tempo ótimo de reposição para cada porte do navio, será pesquisado o conjunto e optar-se-á por aquele que proporcionar o menor custo total.

5.3 - PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Para a aplicação da proposta foi desenvolvido um sistema computacional utilizando a linguagem FORTRAN IV. O computador empregado foi o IBM 3083 via terminal de vídeo. Este sistema foi

constituído por 2 (dois) programas que são:

PROGØ1 e PROGØ2

PROGØ1

O programa PROGØ1 tem a finalidade de dar a indicação para a montagem do programa de embarques, indicando qual a composição escolhida e a quantidade a ser recebida por embarque de cada família pertencente a essa composição, ou seja, o lote econômico.

As informações geradas do PROGØ1 constituem um dos dados de entrada para o PROGØ2.

PROGØ2

Este programa monta uma programação de embarque dos carvões necessários à produção de coque; informando a data e os portos onde serão realizados os embarques e desembarques dos carvões; para uma melhor visão do comportamento dos estoques no pátio da USINA, é feita uma projeção em dias, para consumo dos estoques na USINA.

5.4 - RESULTADO DA APLICAÇÃO

Utilizando as composições mencionadas neste capítulo e após processar o PROGØ1 foram obtidos os seguintes resultados:

COMPOSIÇÃO	CUSTO TOTAL US\$
01	147.250.371
02	146.309.484
03	146.483.669

QUADRO (5.4.1) - RESULTADO APLICAÇÃO

Onde o planejamento dos embarques definidos para cada composição está apresentado no Anexo (III).

A composição que obteve o menor custo total foi a segunda com um custo de US\$ 146.309,484, onde o carvão EE tem a maior participação na mistura, representando 25% do total. Além disso, seria possível serem realizados embarques em navios de porte até 130 mil toneladas, mas, ao ser processado o PROG01 foram indicados embarques em navios de 47.500 toneladas, representando um período de reposição de 31 dias.

Se for tomada a decisão de se realizarem embarques em navios de 130 mil toneladas, para o carvão EE, com o objetivo de reduzir o número de embarques no período de planejamento e o custo unitário do frete, o custo total será de US\$ 38.280.656,00, o que representa um acréscimo de US\$ 1.649.872,00, equivalentes aos 4,5% (quatro e meio por cento) mostrados no quadro (5.4.2).

QUADRO 5.4.2 - VARIAÇÃO NOS EMBARQUES DO CARVÃO EE

PORTO DESC.	TONELADA EMB.	PORTE NAVIO	CUSTO TOTAL US\$	VARIAÇÃO %
99	47.500	47.500	36.630.784	100,00
99	53.500	53.500	36.706.288	100,2
98	47.500	47.500	39.034.368	106,6
98	53.500	53.500	39.109.872	106,8
98	71.000	71.000	38.098.512	104,0
98	100.000	100.000	38.098.144	104,0
98	130.000	130.000	38.280.656	104,5

No quadro 5.4.3 são apresentadas as variações incidentes no custo total, em função da variação no custo de manutenção dos estoques.

QUADRO (5.4.3) - VARIAÇÃO NA TAXA DE MANUTENÇÃO ESTOQUES

TAXA	VARIAÇÃO NO CUSTO TOTAL POR COMPOSIÇÃO		
	01	02	03
15%	99,6	99,5	99,6
20%	100,0	100,0	100,0
25%	100,4	100,5	100,4

No quadro 5.4.4 abaixo, são apresentadas as variações ocorridas nos custos totais, em decorrência de uma variação no estoque máximo permitido.

QUADRO (5.4.4) - VARIAÇÃO ESTOQUE MÁXIMO

VARIAÇÃO NO ESTOQUE MÁXIMO	VARIAÇÃO CUSTO TOTAL DE CADA COMPOSIÇÃO		
	01	02	03
0,60 x TO	101,10	101,30	100,90
0,80 x TO	100,30	101,02	100,20
1,00 x TO	100,00	100,00	100,00
1,20 x TO	99,95	99,98	99,97

5.5 - COMENTÁRIOS

Foram apresentadas três composições de carvões e, com

a utilização do PROG01 foi sugerido, para cada composição, o planejamento dos embarques dos carvões a ela pertencentes, com o objetivo de minimizar os custos totais envolvidos.

A composição escolhida foi a segunda, que representa um custo total de US\$ 146.309.484,00, onde a variação do custo total em relação às outras duas composições fica abaixo de 1% (um por cento).

Ao se analisar o carvão EE, foi verificado que numa decisão fora da escolhida ocorrerá uma elevação nos custos totais desse carvão, de até 7% (sete por cento), conforme mostra o quadro 5.4.2.

A variação na taxa de estocagem, ou seja, no custo de manutenção dos estoques, em torno de 25% (vinte e cinco por cento) em relação à taxa definida, irá representar uma variação no custo total inferior a 1% (um por cento), o que demonstra ser uma variável que poderá ser definida por um valor aproximado, não sendo necessária uma quantificação precisa do valor da taxa.

A limitação do estoque máximo permitido para estocagem, se for reduzido em 40% (quarenta por cento) do estoque máximo definido, representa um acréscimo no custo total de 1% (um por cento) e, para uma elevação de 20% (vinte por cento), a variação no custo total não é superior a 0,4% (quatro décimos por cento).

A aplicação da proposta utilizando os programas demonstrou sua viabilidade, sendo a mesma aplicável sem maiores problemas, cabendo ressaltar que sua aplicação para todo o Grupo SIDERBRÁS exigiria uma reformulação no sistema computacional, no sentido de sua adaptação às outras empresas e com o objetivo de dar uma melhor interação entre os usuários e o sistema operacional.

Por fim, cabe destacar que os resultados obtidos são referenciais e têm o objetivo de dar uma indicação para a tomada de decisão no planejamento dos embarques dos carvões necessários à produção de coque em uma usina siderúrgica.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 - CONCLUSÃO

O problema do abastecimento de carvão mineral foi identificado como um problema de sistema de estoques sendo diferentes as variáveis e parâmetros envolvidos.

Foi apresentada uma metodologia para dar uma sugestão ao abastecimento de carvão mineral para a siderurgia brasileira, a qual foi colocada em operação e obteve bons resultados.

Com a aplicação desta metodologia, poder-se-ão evitar decisões que a princípio pareçam ser mais econômicas, ao optar por embarques em navios de maior porte, com a finalidade de reduzir o custo unitário do frete marítimo; na verdade, estará sendo onerado o custo total do abastecimento, como está apresentado no quadro (5.4.2), no Capítulo V).

Atualmente, o gerenciamento e o controle do carvão são realizados a nível de tipo de carvão (alto volátil, médio volátil, baixo volátil e nacional), e não há uma preocupação em minimizar os custos envolvidos no abastecimento; já a aplicação deste trabalho requer uma mudança no gerenciamento, que deverá ser a nível de carvão para atender a uma mistura previamente definida.

O controle habitual, leva à ocorrência de situações em que os estoques a nível de tipo de carvão são satisfatórios, mas

o estoque da mistura que deverá ser formada pelos carvões existentes no pátio nem sempre o são. Poderá ser ressaltado que a proposta deste trabalho tem o objetivo de manter os estoques de carvão e de mistura a nível satisfatório e atender seus aspectos operacionais e econômicos.

Os programas computacionais desenvolvidos proporcionam uma melhor aplicação e dá condições de se verificarem situações futuras, evitando que haja formação desnecessária de estoques e comprometimento do fluxo normal da produção; todavia, cabe ressaltar que estes programas são limitados, cabendo uma reestruturação no sentido de haver uma melhor interação entre o usuário e os resultados obtidos.

6.2 - RECOMENDAÇÕES

Uma situação não tratada e que poderá ocorrer no abastecimento é a antecipação de um recebimento em benefício da redução no custo do frete marítimo, por ser possível a conjugação da carga com outra siderurgia, em um navio de maior porte.

Seja T_1 a data prevista para o recebimento e T_0 a nova data em que deverá ocorrer o recebimento, ter-se-á:

$$T_1 - T_0$$

$$DT = T_1 - T_0$$

Seja TX o tempo máximo em que poderá ser antecipado o recebimento da quantidade Q , em benefício da redução do custo do frete marítimo, sem que seja onerado o custo total.

$$TX = \frac{DC}{F^i}$$

Se

$$E^i + Q^i \quad \bar{E}^i$$

DC = redução por unidade no custo do transporte.

F^i = custo para manutenção dos estoques da família i durante um determinado período.

E^i = estoque da família i na data T_0 .

Q^i = quantidade que deverá ser recebida da família i.

Se DT for menor ou igual a TX poderá ser viabilizada a antecipação do recebimento; caso contrário, ou seja, se DT for maior que TX, implicará em um aumento do custo em:

$$(DT - TX) \times (F^i)$$

A metodologia apresentada assume que todas as famílias e itens seriam encomendados no início do horizonte do planejamento, o que provocaria um pico no investimento em estoques, nos instantes em que ocorrerem os abastecimentos.

Para que fosse minimizado este pico nos estoques, poderia haver uma defasagem dos embarques dentro de seu período de reposições. Evidentemente deve ser garantida a existência de estoques para os carvões que seriam embarcados após o início do planejamento para cobrir a demanda inicial.

Essa possibilidade para o caso geral não é tratada pela literatura devido à sua complexidade; entretanto, HARTLEY e THOMAS (13) tratam dessa possibilidade para dois produtos.

A maneira como foi feito o planejamento do abastecimento

to de carvão, identificando o período de reposição e assumindo-o constante durante o horizonte de planejamento, presume que os custos envolvidos serão mantidos e a demanda será constante.

Se as hipóteses assumidas não forem satisfatórias, a estratégia de planejamento deverá ser alterada. Uma possibilidade seria implantar as decisões com respeito ao primeiro período e, logo após, atualizar os parâmetros com base nas informações disponíveis para que o problema seja resolvido.

Entretanto, poderão ocorrer situações em que o preço do item teria um acréscimo antes do fim de um período. Para esta questão, ALVES (02) apresenta alguns trabalhos onde é considerada uma compra extraordinária antes do acréscimo, com o objetivo de maximizar a economia, sendo o problema posteriormente revisto com base nas novas informações.

A metodologia proposta poderia dar um maior retorno à siderurgia brasileira, se o abastecimento de carvões fosse feito em conjunto com outras siderurgias do Grupo SIDERBRÁS, quando poderiam ser utilizados navios de grande porte, com capacidade acima de 200.000 toneladas, resultando em uma redução no custo do frete marítimo.

BIBLIOGRAFIA

01. ABREU, E. de. Estratégias para afretamento de navios estrutura de frete. In: Seminário de transporte marítimo, São Paulo, Anais do Rio de Janeiro, Companhia de Navegação NORSUL, 1983. p. 9-13.
02. ALVES, Alceu Gomes Filho. Dimensionamento de estoques em regime inflacionário. XVI SOBRAPO, Florianópolis, 1983.
03. BRITAN, G.R. & HAX, A.C. Hierarchical production: a single stage system. Operations Research, 29: 1981.
04. BROW, R.G. Decision rules for inventory management.
05. BUFFA, E.S. & TAUBEERT, W.H. Production inventory systems.
06. CATÃO, A. Carvão como fonte de energia no Brasil e no mundo, importância e perspectivas. Mineração Metalurgia 476: 1986.
07. CYMBALISTA, M. Um sistema de administração estoques em múltiplos depósitos. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1975.
08. CORREA, J. Gerência econômica de estoques e compras. 4. ed., Rio de Janeiro, 1977.
09. COUTO, D. Gestão de estoques de carvões importados. XXXIII Congresso da ABM. Rio de Janeiro, jul., 1978.
10. ELLENRIEDER, A.R. Von. Um problema de planejamento de estoques em sistemas de depósito central e depósito secundário. III SOBRAPO. São Paulo, 1970.

11. FERNANDES, Humberto da C. & MOREIRA, Flávio de A. Otimização do abastecimento de carvões na Usiminas. VI Seminário de Abastecimento COAPRO/ABM. Belo Horizonte, out. 1985.
12. HADLEY, G. & WHITIN, T.M. Analysis of inventory systems. New Jersey, Prentice-Hall, 1963.
13. HARTLEY, R. & THOMAS, L.C. The deterministic, two-product, inventory system with capacity. Journal of the Operational Research Society, vol. 33, n. 11.
14. HAX, A.C. & MAILUF, N.S. & PENDROCK, M. Diagnostic analysis of a production and distribution system, management science, 26: 1980.
15. HAX, A.C. & MEAL, H.C. Hierarchical integration of production planning and scheduling. Ins studies in Management Sciences, vol. 1.
16. JAMES, H. Greene production and inventory control handbook. New York, McGraw-Hill, 1970.
17. KARMARKAR, U.S. Equalization of Runout. Times, Operations Research. vol. 29, 1981.
18. LEMOS, Marcos R.C. Abastecimento de carvão metalúrgico. Seminário sobre Matérias-Primas para a Siderurgia. Escola de Minas de Ouro Preto. Ouro Preto, out. 1984.
19. LEMOS, Marcos R.C. & FIGUEIREDO, Nélcio. Consideração sobre a política da Usiminas para importação de carvão metalúrgico. Publicação interna. Usiminas, agosto, 1982.

20. McMASTER, I.M. & JELENICH, L. Otimização de Misturas de Coque. Seminário sobre Utilização do Carvão, março, 1982.
21. MONNERAT, Luiz Eduardo Erthal. Programação linear fracionária: uma aplicação à siderurgia. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 1978.
22. MURTA, J.L.B. & MELLO, A.C. Vaz de. Considerações sobre o custo do frete marítimo incidente no carvão importado. VI Seminário de Abastecimento da COAPRO/ABM. Belo Horizonte, out. 1985.
23. NADDOR, E. Inventory systems. New York, Willey & Sons, 1966.
24. NÓBREGA, A.C. O transporte de granéis. In: Seminário de Transporte Marítimo. São Paulo, 1983. Anais do Rio de Janeiro, Cia. de Navegação NORSUL, 1983. p. 14-6.
25. VALLERYNI, R. Jr. & REIS, R.P. O afretamento marítimo no comércio exterior. Publicação interna, Usiminas, jul. 1980.
26. PRADO, José F. Otimização de carvões na Siderurgia. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, 1978.
27. MELLO, Antônio C.V. Sistema de Abastecimento do Carvão. XV Simpósio Técnico UDQ. Publicação interna, USIMINAS, Mai. 1983.
28. SIDERBRÁS. Relatório de carvão. Siderurgia Brasileira S/A. Assessoria de Matérias-Primas. Publicação interna, Dez. 1986.

ANEXO I - PRINCIPAIS TIPOS DE AFRETAMENTO DE NAVIO

FONTE: VALLERIM (25)

TIPOS DE AFRETAMENTO DE NAVIOS

1) NAVIO A CASCO NU

Afreta-se somente o navio por um determinado tempo, ou seja, caberá ao afretador a colocação da tripulação e comando do navio, provisionamento, combustível, etc.

2) NAVIO POR TEMPO (TIME CHARTER)

Afreta-se o navio por um tempo determinado, porém, já com a tripulação.

O provisionamento e combustível correrão por conta do afretador.

3) NAVIO POR VIAGEM (VOYAGE CHARTER)

Contrata-se o transporte pelo navio para uma viagem específica.

ANEXO II - CLASSIFICAÇÃO DE CARVÕES

CLASSIFICAÇÃO ASTM DE CARVÃO POR "RANK"

CLASSE	GRUPO	LIMITES DE CARBONO FIXO (%) (BASE SECA LIVRE DE MATÉRIAS MINERAIS)		LIMITES DE MATÉRIA VOLÁTIL (%) (BASE SECA LIVRE DE MATÉRIAS MINERAIS)		LIMITES DE PODER CALORÍFICO, BTU POR LIBRA (BASE ÚMIDA*, LIVRE DE MATÉRIAS MINERAIS)		CARACTERÍSTICA AGLOMERANTE
		≥	<	≥	<	≥	<	
I ANTRACITICOS	1 META-ANTRACITO	98						NÃO AGLOMERANTE
	2 ANTRACITO	92	98	2	2			
	3 SEMIANTRACITO	86	92	8	14			
II BETUMINOSOS	1 BAIXO VOLÁTIL BETUMINOSO	78	86	14	22			NORMALMENTE AGLOMERANTE **
	2 MÉDIO VOLÁTIL BETUMINOSO	69	78	22	31			
	3 ALTO VOLÁTIL BETUMINOSO A		69	31		14.000		
	4 ALTO VOLÁTIL BETUMINOSO B					13.600	14.000	
	5 ALTO VOLÁTIL BETUMINOSO C					11.500	13.000	
III SUB-BETUMINOSOS	1 SUB-BETUMINOSO A					10.500	11.500	NÃO AGLOMERANTE
	2 SUB-BETUMINOSO B					9.500	10.500	
	3 SUB-BETUMINOSO C					8.300	9.500	
IV LINHÍTICOS	1 LINHITO A					6.300	8.300	NÃO AGLOMERANTE
	1 LINHITO B						6.300	

* Base úmida refere-se aos carvões contendo sua umidade inerente natural mas isento da umidade superficial visível.
 **pode haver variedades não aglomerantes neste grupo.

FONTE.: USIMINAS - Centro de Pesquisa.

CLASSIFICAÇÃO ASTM

Os parâmetros utilizados na classificação ASTM para carvões são:

- teor em carbono, determinado sobre o carvão seco e livre de cinza, para carvão de "rank" elevado (≥ 69 % de carbono);
- poder calorífico, calculado sobre o carvão sem cinzas, mas contendo a umidade de retenção, para carvão de "rank" baixo.

**ANEXO III - PLANEJAMENTO DOS EMBARQUES DAS COMPOSIÇÕES
UTILIZANDO O PROGØ1**

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
TAXA 20,00 %

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
GARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I
14	99	15248957	I	47500	I	AA	47500 0 0 0
7	99	30808528	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	99	24286208	I	47500	I	HH	47500 0 0 0
13	99	25337584	I	47500	I	II	47500 0 0 0
2	99	29337616	I	47500	I	JJ	47500 0 0 0
5	99	9287544	I	46116	I	MM	46116 0 0 0
12	99	12943934	I	15000	I	NN	15000 0 0 0
TOTAL		147250371					

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAD PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
TAXA 20,00 %

CODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	US\$	TONELADA	PORTO	NAVIO	CARGA	CARVAO TONELADA
I	I	I	I	I	I	I	I
4	99	14886255	47500	I	BB	47500	0
13	99	12064835	47500	I	CC	47500	0
6	99	17172816	26500	I	DD	26500	0
7	99	36630784	47500	I	EE	47500	0
8	99	24286208	47500	I	HH	47500	0
2	99	14791179	47500	I	JJ	47500	0
5	99	12245799	47500	I	MM	47500	0
12	99	14231608	15000	I	NN	15000	0
TOTAL							146309484

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
TAXA 20,00 %

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE I	
14	99	9250567	I	47500	I	AA 47500	0 0 0
13	99	56072256	I	47500	I	II 17500 LL 22500 CC	7500 0
7	99	33719648	I	47500	I	EE 47500	0 0
8	99	22782352	I	47500	I	GG 47500	0 0
2	99	10427238	I	47500	I	JJ 47500	0 0
12	99	14231608	I	15000	I	NN 15000	0 0

T O T A L 146483669

**ANEXO IV - PLANEJAMENTO DOS EMBARQUES DAS COMPOSIÇÕES
COM VARIAÇÕES NO CUSTO DE ESTOCAGEM**

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 02/12/86

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
TAXA 15,00 %

CODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	US\$	TONELADA	PORTE	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO	TONELADA
14	99	15161367	47500	47500	I	AA	47500	0	0	0
7	99	30689488	47500	47500	I	EE	47500	0	0	0
8	98	24180496	123952	130000	I	HH	123952	0	0	0
13	99	25234416	47500	47500	I	II	47500	0	0	0
2	99	29223040	47500	47500	I	JJ	47500	0	0	0
5	99	9210694	46116	47500	I	MM	46116	0	0	0
12	99	12913479	15000	15000	I	NN	15000	0	0	0

T O T A L 146612980

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 02/12/86

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
TAXA 25,00 %

COODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	CUSTO TOTAL	US\$	TONELADA	PORTE	NAVIO	CARGA	CARVAO TONELADA
14	99	15336530		47500	47500	AA	47500	0
7	99	30927536		47500	47500	EE	47500	0
8	99	24381552		47500	47500	HH	47500	0
13	99	25440752		47500	47500	II	47500	0
2	99	29452176		47500	47500	JJ	47500	0
5	99	9364380		46116	47500	MM	46116	0
12	99	12974382		15000	15000	NN	15000	0
		TOTAL		147877308				

=====
 U S I M I N A S
 =====
 GRUPO SIDERBRAS

DATA 02/12/86

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
 TAXA 15,00 %

CODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	US\$	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA	I
					TONELADA		PORTE		
4	99	14799689	47500	I	47500	I	BB	47500	0
13	99	11983199	47500	I	47500	I	CC	47500	0
6	99	17105520	26500	I	26500	I	DD	26500	0
7	99	36500592	47500	I	47500	I	EE	47500	0
8	98	24180496	123952	I	130000	I	HH	123952	0
2	99	14703312	47500	I	47500	I	JJ	47500	0
5	99	12160212	47500	I	47500	I	LL	47500	0
12	99	14199788	15000	I	15000	I	NN	15000	0

T O T A L 145632808

DATA 02/12/86

=====
 U S I M I N A S
 =====
 GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87
 TAXA 25,00 %

CODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	CUSTO TOTAL	US\$	TONELADA	PORTE	NAVI O	CARGA --	CARVAO TONELADA
4	99	14972803		47500	47500	BB	47500	0
13	99	12146454		47500	47500	CC	47500	0
6	99	17240128		26500	26500	DD	26500	0
7	99	36760960		47500	47500	EE	47500	0
8	99	24381552		47500	47500	HH	47500	0
2	99	14879028		47500	47500	JJ	47500	0
5	99	12331370		47500	47500	LL	47500	0
12	99	14263422		15000	15000	NN	15000	0
TOTAL								146975717

=====

U S I M I N A S

=====

GRUPO SIDERBRAS

PAGINA # 1

DATA 02/12/86

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

TAXA 15,00 %

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO	TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I	
14	I	9172721	I	47500	I	AA	47500	0 0
13	I	55919504	I	47500	I	II	17500 LL 22500 CC	7500 0
7	I	33595024	I	47500	I	EE	47500	0 0
8	I	22689440	I	47500	I	GG	47500	0 0
2	I	10347382	I	47500	I	JJ	47500	0 0
12	I	14199788	I	15000	I	NN	15000	0 0
T O T A L		145923859						

=====

U S I M I N A S

=====

GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 02/12/86

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

TAXA 25,00 %

CODIGO PORTO	CARGA DESCARGA	US\$	TONELADA	FORTE	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO	TONELADA
14	99	9328897	47500	47500	I	AA	47500	0	0	0
13	99	56224960	47500	47500	I	II	17500	LL	22500	CC 7500
7	99	33844240	47500	47500	I	EE	47500	0	0	0
8	99	22875232	47500	47500	I	GG	47500	0	0	0
2	99	10507077	47500	47500	I	JJ	47500	0	0	0
12	99	14263422	15000	15000	I	NN	15000	0	0	0
T O T A L										147049328

**ANEXO V - PLANEJAMENTO DOS EMBARQUES DAS COMPOSIÇÕES
COM VARIAÇÕES NOS ESTOQUES MÁXIMO PERMITIDO**

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,60.TO

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I
14	I	15309522	I	45750	I	AA	45750 0 0
7	I	30808528	I	47500	I	EE	47500 0 0
8	I	24286208	I	47500	I	HH	47500 0 0
13	I	25337584	I	47500	I	II	47500 0 0
2	I	29337616	I	47500	I	JJ	47500 0 0
5	I	10820870	I	24156	I	MM	24156 0 0
12	I	12943934	I	15000	I	NN	15000 0 0
T O T A L							148844262

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,80.T0

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA	--	CARVAO TONELADA
GARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I	
14	I	15248957	I	47500	I	AA	I	47500 0 0 0
7	I	30808528	I	47500	I	EE	I	47500 0 0 0
8	I	24286208	I	47500	I	HH	I	47500 0 0 0
13	I	25337584	I	47500	I	II	I	47500 0 0 0
2	I	29337616	I	47500	I	JJ	I	47500 0 0 0
5	I	9798058	I	35136	I	MM	I	35136 0 0 0
12	I	12943934	I	15000	I	NN	I	15000 0 0 0
T O T A L								147760885

=====
U S I N I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAD PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,20.T0

COODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	M A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE I	
14	99	15248957	I	47500	I	AA	47500 0 0 0
7	99	30808528	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	98	24256944	I	130000	I	HH	130000 0 0 0
13	99	25337584	I	47500	I	II	47500 0 0 0
2	99	29337616	I	47500	I	JJ	47500 0 0 0
5	99	9241684	I	47500	I	MM	47500 0 0 0
12	99	12943934	I	15000	I	NN	15000 0 0 0
T O T A L							147175247

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,40.TO

COOIGO PORTO	CARGA	DESCARGA	US\$	TONELADA	PORTE	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO	TONELADA	
14	99	I	15248957	47500	I	AA	47500	I	47500	0	0	0
7	99	I	30808528	47500	I	EE	47500	I	47500	0	0	0
8	98	I	24256944	130000	I	HH	130000	I	130000	0	0	0
13	99	I	25337584	47500	I	II	47500	I	47500	0	0	0
2	99	I	29337616	47500	I	JJ	47500	I	47500	0	0	0
5	99	I	9241684	47500	I	MM	47500	I	47500	0	0	0
12	99	I	12943934	15000	I	NN	15000	I	15000	0	0	0
T O T A L											147175247	

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,60.TO

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I
4	I	15287224	I	41480	I	BB	41480 0 0 0
13	I	12426077	I	36600	I	CC	36600 0 0 0
6	I	17172816	I	26500	I	DD	26500 0 0 0
7	I	36630784	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	I	24286208	I	47500	I	HH	47500 0 0 0
2	I	14893044	I	44530	I	JJ	44530 0 0 0
5	I	13280280	I	32208	I	MM	32208 0 0 0
12	I	14231608	I	15000	I	NN	15000 0 0 0
T O T A L							148208041

=====
 U S I M I N A S
 =====
 GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,80.TO

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I
4	I	14886255	I	47500	I	BB	47500 0 0 0
13	I	12064835	I	47500	I	CC	47500 0 0 0
6	I	17172816	I	26500	I	DD	26500 0 0 0
7	I	36630784	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	I	24286208	I	47500	I	HH	47500 0 0 0
2	I	14791179	I	47500	I	JJ	47500 0 0 0
5	I	12275140	I	46848	I	MM	46848 0 0 0
12	I	14231608	I	15000	I	NN	15000 0 0 0
T O T A L							146338825

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,20.T0

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA ---	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE I	
4	I	14886255	I	47500	I	BB	47500 0 0 0
13	I	12064835	I	47500	I	CC	47500 0 0 0
6	I	17172816	I	26500	I	DD	26500 0 0 0
7	I	36630784	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	I	24256944	I	130000	I	HH	130000 0 0 0
2	I	14791179	I	47500	I	JJ	47500 0 0 0
5	I	12245799	I	47500	I	MM	47500 0 0 0
12	I	14231608	I	15000	I	NN	15000 0 0 0
T O T A L							146280220

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,40.TO

CODIGO PORTO	CARGA OESCARGA	US\$	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAD TONELADA	I
					TONELADA	PORTE			
4	99	14886255	47500	I	47500	I	BB	47500	0
13	99	12064835	47500	I	47500	I	CC	47500	0
6	99	17172816	26500	I	26500	I	DD	26500	0
7	99	36630784	47500	I	47500	I	EE	47500	0
8	98	24256944	130000	I	130000	I	HH	130000	0
2	99	14791179	47500	I	47500	I	JJ	47500	0
5	99	12245799	47500	I	47500	I	MM	47500	0
12	99	14231608	15000	I	15000	I	NN	15000	0
T O T A L									146280220

=====
U S I N I A S
=====
GRUPO SIOERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,60.TO

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO TONELADA	
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I	
14	I	9944473	I	27450	I	AA	27450 0 0	
13	I	56072256	I	47500	I	II	17500 LL 22500 CC 7500 0	
7	I	33719648	I	47500	I	EE	47500 0 0	
8	I	22782352	I	47500	I	GG	47500 0 0	
2	I	10987290	I	31171	I	JJ	31171 0 0	
12	I	14231608	I	15000	I	NN	15000 0 0	
T O T A L		147737627						

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 19/01/87

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 0,80.T0

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA ---	CARVAO	TONELADA	
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I		
14	99	9460980	I	38430	I	AA	38430	0	0
13	99	56072256	I	47500	I	II	17500	LL 22500	CC 7500
7	99	33719648	I	47500	I	EE	47500	0	0
8	99	22782352	I	47500	I	GG	47500	0	0
2	99	10507499	I	43981	I	JJ	43981	0	0
12	99	14231608	I	15000	I	NN	15000	0	0
T O T A L									146774343

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,20.TO

CODIGO PORTO	I	CUSTO TOTAL	I	N A V I O	I	CARGA ---	CARVAO TONELADA
CARGA DESCARGA	I	US\$	I	TONELADA	I	PORTE	I
14	I	9250567	I	47500	I	AA	47500 0 0 0
13	I	56072256	I	47500	I	II	17500 LL 22500 CC 7500 0
7	I	33719648	I	47500	I	EE	47500 0 0 0
8	I	22779312	I	130000	I	GG	130000 0 0 0
2	I	10427238	I	47500	I	JJ	47500 0 0 0
12	I	14231608	I	15000	I	NN	15000 0 0 0

T O T A L . . . 146480629

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

DATA 19/01/87

PAGINA = 1

INDICACAO PARA PROGRAMA DE EMBARQUE DOS CARVOES

DATA INICIAL 1/ 1/87 DATA FINAL 31/12/87

ESTOQUE MAXIMO IGUAL A 1,40.TO

CODIGO PORTO	CARGA OESCARGA	US\$	TONELADA	PORTE	I	N A V I O	I	CARGA --	CARVAO	TONELADA
14	99	9250567	47500	47500	I	AA	47500	0	0	0
13	99	56072256	47500	47500	I	II	17500	LL	22500	CC 7500
7	99	33719648	47500	47500	I	EE	47500	0	0	0
8	98	22779312	130000	130000	I	GG	130000	0	0	0
2	99	10427238	47500	47500	I	JJ	47500	0	0	0
12	99	14231608	15000	15000	I	NN	15000	0	0	0
T O T A L										146480629

**ANEXO VI - RELATÓRIO PROJEÇÃO DOS ESTOQUES NO PÁTIO DA USINA
UTILIZANDO O PROGØ2**

=====

U S I M I N A S

=====

GRUPO SIDERBRAS

PROJECAO DOS ESTOQUES EM DIAS PARA CONSUMO

CARVAO MINERAL

PAGINA = 1

DATA 09/12/87

		I	NOME DOS CARVOES							
DATA	I	BB	CC	DD	EE	HH	JJ	MM	NN	
1/	1/88	I	45	57	35	30	47	77	96	21
2/	1/88	I	44	56	34	29	46	76	95	20
3/	1/88	I	43	55	33	28	45	75	94	19
4/	1/88	I	42	54	32	27	44	74	93	18
5/	1/88	I	41	53	31	26	43	73	92	17
6/	1/88	I	40	52	30	25	42	72	91	16
7/	1/88	I	39	51	29	24	41	71	90	15
8/	1/88	I	38	50	28	23	40	70	89	14
9/	1/88	I	37	49	27	22	39	69	88	13
10/	1/88	I	36	48	26	21	38	68	87	12
11/	1/88	I	35	47	25	20	37	67	86	11
12/	1/88	I	34	46	24	19	36	66	85	32
13/	1/88	I	33	45	23	18	35	65	84	31
14/	1/88	I	32	44	22	17	34	64	83	30
15/	1/88	I	31	43	21	16	33	63	82	29
16/	1/88	I	30	42	20	15	32	62	81	28
17/	1/88	I	29	41	19	14	31	61	80	27
18/	1/88	I	28	40	18	13	30	60	79	26
19/	1/88	I	27	39	17	12	29	59	78	25
20/	1/88	I	26	38	16	11	28	58	77	24
21/	1/88	I	25	37	15	10	27	57	76	23
22/	1/88	I	24	36	14	9	26	56	75	22
23/	1/88	I	23	35	13	8	25	55	74	21
24/	1/88	I	22	34	12	7	24	54	73	20
25/	1/88	I	21	33	11	6	23	53	72	19
26/	1/88	I	20	32	10	5	22	52	71	18
27/	1/88	I	19	31	9	4	21	51	70	17
28/	1/88	I	18	30	8	3	20	50	69	16
29/	1/88	I	17	29	7	2	19	49	68	15
30/	1/88	I	16	28	6	1	18	48	67	14
31/	1/88	I	15	27	5	0	17	47	66	13

=====

U S I M I N A S

=====

GRUPO SIDERBRAS

PROJECÃO DOS ESTOQUES EM DIAS PARA CONSUMO

CARVAO MINERAL

PAGINA = 2

DATA 09/12/87

		I	NOME DOS CARVOES							
		I								
		I								
DATA	I	BB	CC	DD	EE	HH	JJ	MM	NN	
1/ 2/88	I	61	26	40	30	65	46	65	12	
2/ 2/88	I	60	25	39	29	64	45	64	11	
3/ 2/88	I	59	24	38	28	63	44	63	33	
4/ 2/88	I	58	23	37	27	62	43	62	32	
5/ 2/88	I	57	22	36	26	61	42	61	31	
6/ 2/88	I	56	21	35	25	60	41	60	30	
7/ 2/88	I	55	20	34	24	59	40	59	29	
8/ 2/88	I	54	19	33	23	58	39	58	28	
9/ 2/88	I	53	18	32	22	57	38	57	27	
10/ 2/88	I	52	17	31	21	56	37	56	26	
11/ 2/88	I	51	16	30	20	55	36	55	25	
12/ 2/88	I	50	73	29	19	54	35	54	24	
13/ 2/88	I	49	72	28	49	53	34	53	23	
14/ 2/88	I	48	71	27	48	52	33	52	22	
15/ 2/88	I	47	70	26	47	51	32	51	21	
16/ 2/88	I	46	69	25	46	50	31	50	20	
17/ 2/88	I	45	68	24	45	49	30	49	19	
18/ 2/88	I	44	67	23	44	48	29	48	18	
19/ 2/88	I	43	66	22	43	47	28	47	17	
20/ 2/88	I	42	65	21	42	46	27	46	16	
21/ 2/88	I	41	64	57	41	45	26	45	15	
22/ 2/88	I	40	63	56	40	44	25	44	14	
23/ 2/88	I	39	62	55	39	43	24	43	13	
24/ 2/88	I	38	61	54	38	42	23	42	12	
25/ 2/88	I	37	60	53	37	41	22	41	11	
26/ 2/88	I	36	59	52	36	40	21	40	32	
27/ 2/88	I	35	58	51	35	39	20	39	31	
28/ 2/88	I	34	57	50	34	38	19	38	30	
29/ 2/88	I	33	56	49	33	37	18	37	29	

=====

U S I M I N A S

=====

GRUPO SIDERBRAS

PROJECAO DOS ESTOQUES EM DIAS PARA CONSUMO

CARVAO MINERAL

PAGINA = 3 ~

DATA 09/12/87

		I	NOME DOS CARVOES							
		I								
		I								
DATA	I	BB	CC	DD	EE	HH	JJ	MM	NN	
1/	3/88	I	32	55	48	32	36	95	36	28
2/	3/88	I	31	54	47	31	35	94	35	27
3/	3/88	I	30	53	46	30	34	93	34	26
4/	3/88	I	29	52	45	29	33	92	33	25
5/	3/88	I	28	51	44	28	32	91	32	24
6/	3/88	I	27	50	43	27	31	90	31	23
7/	3/88	I	26	49	42	26	30	89	30	22
8/	3/88	I	25	48	41	25	29	88	29	21
9/	3/88	I	24	47	40	24	28	87	28	20
10/	3/88	I	23	46	39	23	27	86	27	19
11/	3/88	I	68	45	38	22	26	85	26	18
12/	3/88	I	67	44	37	21	25	84	25	17
13/	3/88	I	66	43	36	20	24	83	122	16
14/	3/88	I	65	42	35	19	23	82	121	15
15/	3/88	I	64	41	34	50	22	81	120	14
16/	3/88	I	63	40	33	49	21	80	119	13
17/	3/88	I	62	39	32	48	20	79	118	12
18/	3/88	I	61	38	31	47	19	78	117	11
19/	3/88	I	60	37	30	46	18	77	116	33
20/	3/88	I	59	36	29	45	66	76	115	32
21/	3/88	I	58	35	28	44	65	75	114	31
22/	3/88	I	57	34	27	43	64	74	113	30
23/	3/88	I	56	33	26	42	63	73	112	29
24/	3/88	I	55	32	25	41	62	72	111	28
25/	3/88	I	54	31	24	40	61	71	110	27
26/	3/88	I	53	30	23	39	60	70	109	26
27/	3/88	I	52	29	22	38	59	69	108	25
28/	3/88	I	51	28	21	37	58	68	107	24
29/	3/88	I	50	27	56	36	57	67	106	23
30/	3/88	I	49	26	55	35	56	66	105	22
31/	3/88	I	48	25	54	34	55	65	104	21

**ANEXO VII - RELATÓRIO PLANEJAMENTO DO PROGRAMA DE EMBARQUES
UTILIZANDO O PROGØ2**

 U S I M I N A S

 GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 1

DATA 09/12/87

PROGRAMA DE EMBARQUE DE CARVOES

PORTO DESCARGA		PORTO CARGA			
NOME	LAYDAYS	NOME	LAYDAYS	CARVAO	TONELADA
CAIS PAUL	29/11/87	N. TERMINAL	9/11/87	MM	47500
CAIS PAUL	1/12/87	R. BANK	28/10/87	BB	47500
CAIS PAUL	3/12/87	SIDNEY	8/11/87	DD	26500
CAIS PAUL	5/12/87	GDANSK	7/11/87	EE	47500
CAIS PAUL	6/12/87	NEW PORT NEW	18/11/87	JJ	47500
CAIS PAUL	6/12/87	H. POINT	16/11/87	HH	47500
CAIS PAUL	8/12/87	NORFOLK	20/11/87	CC	47500
CAIS PAUL	13/12/87	IMBITUBA	3/12/87	NN	15000

DATA 09/12/87

U S I M I N A S
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 3

PROGRAMA DE EMBARQUE DE CARVOES

NOME	PORTD DESCARGA		PORTO CARGA		LAYDAYS	NOME	LAYDAYS	CARVAO	TONELADA
	I	I	I	I					
CAIS PAUL	I	25/ 1/88	I	22/12/87	3/ 2/88	IMBITUBA	31/12/87	NN	15000
CAIS PAUL	I	3/ 2/88	I	31/12/87	12/ 2/88	NORFOLK	9/ 1/88	CC	47500
CAIS PAUL	I	4/ 2/88	I	1/ 1/88	13/ 2/88	GDANSK	10/ 1/88	EE	47500
CAIS PAUL	I	12/ 2/88	I	9/ 1/88	21/ 2/88	SIDNEY	18/ 1/88	DD	26500
CAIS PAUL	I	17/ 2/88	I	14/ 1/88	26/ 2/88	IMBITUBA	23/ 1/88	NN	15000

=====
 U S I M I N A S
 =====
 GRUPO SIDERBRAS

DATA 09/12/87

PAGINA = 2

 PROGRAMA DE EMBARQUE DE CARVOES

PORTO DESCARGA		PORTO CARGA							
NOME	LAYDAYS	NOME	LAYDAYS	CARVAO	TONELADA				
CAIS PAUL	3/ 4/88 12/ 1/88	IMBITUBA	30/11/87 9/12/87	NN	15000	0	0	0	0
CAIS PAUL	4/ 1/88 13/ 1/88	GDANSK	1/12/87 10/12/87	EE	47500	0	0	0	0
CAIS PAUL	7/ 1/88 16/ 1/88	SIDNEY	4/12/87 13/12/87	DD	26500	0	0	0	0
CAIS PAUL	15/ 1/88 24/ 1/88	R. BANK	12/12/87 21/12/87	DB	47500	0	0	0	0
CAIS PAUL	22/ 1/88 31/ 1/88	H. POINT	19/12/87 28/12/87	HH	47500	0	0	0	0

=====
U S I M I N A S
=====
GRUPO SIDERBRAS

PAGINA = 4

DATA 09/12/87

PROGRAMA DE EMBARQUE DE CARVOES

NOME	PORTO DESCARGA		LAYDAYS	NOME	PORTO CARGA		LAYDAYS	CARVAO	TONELADA
	I	I			I	I			
CAIS PAUL	I	I 21/ 2/88	1/ 3/88	I	I	I 18/ 1/88	27/ 1/88	JJ	47500
CAIS PAUL	I	I 2/ 3/88	11/ 3/88	I	I	I 28/ 1/88	6/ 2/88	BB	47500
CAIS PAUL	I	I 4/ 3/88	13/ 3/88	I	I	I 30/ 1/88	8/ 2/88	MM	47500
CAIS PAUL	I	I 6/ 3/88	15/ 3/88	I	I	I 1/ 2/88	10/ 2/88	EE	47500
CAIS PAUL	I	I 10/ 3/88	19/ 3/88	I	I	I 5/ 2/88	14/ 2/88	NN	15000
CAIS PAUL	I	I 11/ 3/88	20/ 3/88	I	I	I 6/ 2/88	15/ 2/88	HH	47500
CAIS PAUL	I	I 20/ 3/88	29/ 3/88	I	I	I 15/ 2/88	24/ 2/88	DD	26500