

# SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS <sup>1</sup>

*Alexandre Santos Tardin* <sup>2</sup>

*Luiz Afonso de Andrade* <sup>2</sup>

*Odilon José da Silva* <sup>3</sup>

*Orlando Brandemberger Valente* <sup>3</sup>

## **Resumo**

Este trabalho apresenta o modelo de otimização de embarques adotado pela Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST para o abastecimento de Combustíveis Sólidos para a Área de Produção de Gusa da empresa e SOL Coqueria Tubarão. Enfatizam-se a complexidade requerida para gerar a programação de embarques, o desenvolvimento e a especialização do software utilizado no processo, Ábaco, e as soluções que proporciona gerando maior poder de decisão e agilidade. O modelo tem como foco principal à promoção da estabilidade operacional das unidades de produção, com a qualidade e quantidades requeridas e visando o menor custo do material nos pátios de carvão para as empresas.

**Palavras-chave:** Abastecimento; Combustível; Mistura; Embarque.

## **SOLID FUELS PLANING AND SCHEDULING OPTIMIZATION SYSTEM**

## **Abstract**

This paper presents the shipment optimization system used in Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST for solid fuels supplying in its Ironmaking Department and SOL Coqueria Tubarão. It is emphasized the complexity required generating shipment scheduling, the software, called Ábaco, development and specialization and the solutions that provide more decision-making and agility. The model has focus on production facilities stability with quality, the quantities demanded and the minimization of costs to process.

**Key words:** Supplying; Fuel; Blend; Shipment.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Executivo de Abastecimento de Combustíveis Sólidos*

<sup>3</sup> *Especialista de Produção de Gusa*

# 1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de combustíveis sólidos é área estratégica para a siderurgia e depende do mesmo, entre outros, o funcionamento das unidades de redução de uma usina siderúrgica, ou seja, Alto-forno, Coqueria e Sinterização.

Com base neste cenário a Companhia Siderúrgica de Tubarão, CST, através de parceria com empresa de tecnologia, desenvolveu o sistema de planejamento de embarques Ábaco.

O modelamento do sistema com o software Aimms utiliza programação linear gerando os embarques simultaneamente ao cálculo da mistura dos carvões possibilitando visualização da qualidade futura e flexibilidade para alteração dos carregamentos.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo, apresentar a experiência adotada no Departamento de Produção de Gusa da CST com relação ao desenvolvimento do Ábaco, o sistema de planejamento de embarques de combustíveis sólidos, suas funcionalidades e o ganho proporcionado ao processo de compras.

## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Combustíveis Sólidos

#### 3.1.1 Custo

Os custos dos combustíveis sólidos, utilizados na produção de gusa, representam 28% do custo da placa acabada da CST, conforme Figura 1. Em um processo que visa à produção de coque, como a SOL Coqueria, representam quase 100% do custo de seu produto.

#### 3.1.2 Origem

Os carvões/antracitos utilizados no processo de redução são importados de vários países diferentes, como mostra a Figura 2, através do modal marítimo, tornando a programação de embarques uma estrutura muito complexa.

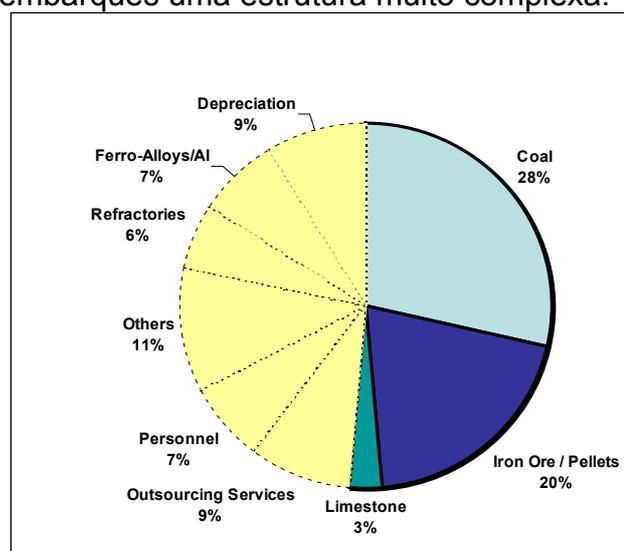
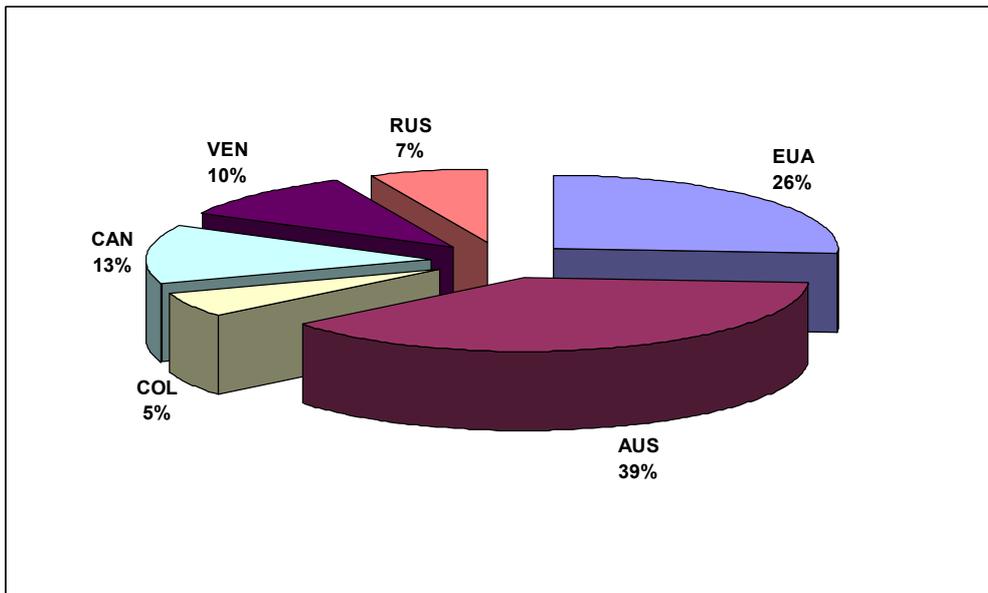


Figura 1. Composição do Custo da Placa Acabada da CST



**Figura 2.** Origem dos Combustíveis Sólidos da CST em 2006

Vê-se então a importância de gerir o processo de aquisição de combustíveis sólidos de forma a garantir o abastecimento da unidade produtora com a qualidade requerida e o menor custo possível otimizando o recebimento das diversas fontes com o mínimo de tempo de estadia nos pátios de carvão da CST.

### 3.2 Desenvolvimento do Ábaco

O sistema foi pensado para atender a CST e a SOL podendo ser inserida ainda toda empresa do Grupo Arcelor Mittal que utilize as instalações de Praia Mole para descarga de material, como a Belgo Siderurgia.

#### 3.2.1 Características

O Ábaco é composto pelas seguintes ferramentas de tecnologia:

- Um modelo matemático para a geração automática, otimizada e integrada das programações de suprimento de carvões e de mistura de carvões;
- Um *solver* matemático de performance compatível com as instâncias/cenários que serão submetidos pelo usuário à otimização;
- Uma interface do modelo matemático com o *solver*;
- Uma interface gráfica que permita ao usuário a preparação de cenários de otimização (interação do usuário com o modelo matemático) segundo o padrão de Pastas e Abas. Este padrão facilita a navegação pelo sistema, agilizando o “diálogo” entre o usuário e o modelo matemático – o tempo de acesso às tabelas com dados de entrada e resultados do modelo é minimizado;
- Um gerenciador de casos.

#### 3.2.2 Funcionalidades

O sistema é composto por cinco Pastas sendo três de entrada de dados – Cadastro, Abastecimento e Produção - e duas de solução – Sol. Abastecimento e Sol. Produção. Através de suas descrições temos o total entendimento de suas principais funcionalidades.

### 3.2.2.1 Pasta cadastro

Esta pasta contém dados gerais do caso a ser otimizado com as seguintes funções principais:

- Através da Aba Dados Gerais e Horizonte de Planejamento define-se o horizonte de trabalho pretendido, como mostra a Figura 3, dividindo-o em períodos que serão analisados separadamente.

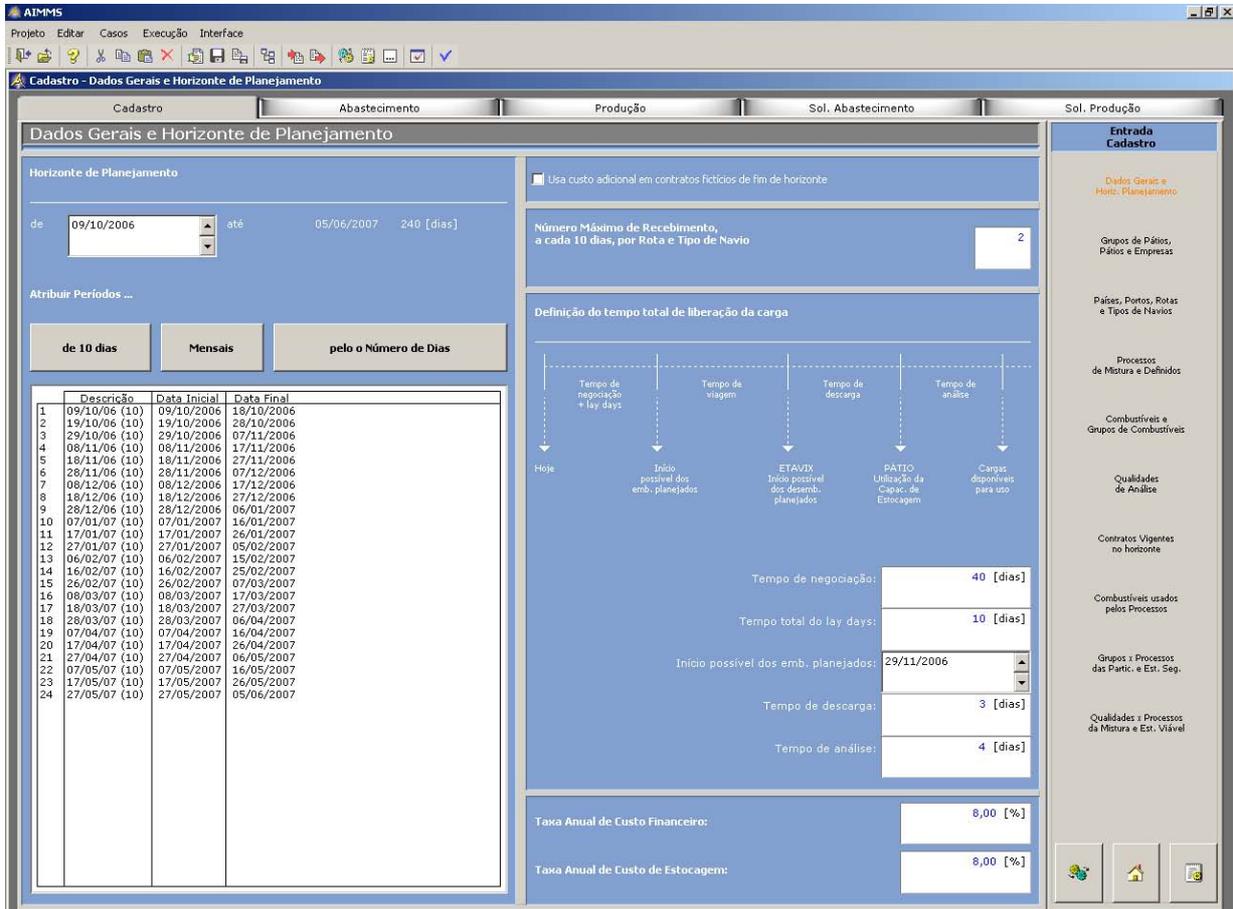


Figura 3. Aba Dados Gerais e Horizonte de Planejamento

- Através das Abas desta Pasta define-se a quantidade de empresas que serão atendidas pelo otimizador (no caso CST, SOL e Belgo), sem número restritivo, e a capacidade dos pátios utilizada com custo de estadia, o que evita recebimentos desnecessários para o período.

- Na entrada de dados de Países, Portos, Rotas e Tipos de Navio cadastramos os portos utilizados para embarcar os carvões e definimos os dias de viagem de cada rota, que podem ser a conjugação de dois portos, ao Porto de Praia Mole em Vitória/ES onde a CST, SOL e Belgo recebem seu material.

- Na Aba Processos de Mistura e Definidos o processo de mistura foi desenvolvido para atender às misturas de carvão a coqueificar da CST e SOL enquanto o cadastro de processos definidos trabalha com um consumo pré-fixado do material ao longo do período sendo o ideal para os processos de Alto-forno e Sinterização.

- O Ábaco verifica a quantidade de cada material e o saldo restante para embarque, através da Aba Contratos Vigente no horizonte. Ela tem a função de aplicar penalidade para as quantidades exigidas que não atendam aos índices de tolerância especificados.

### 3.2.2.2 Pasta Abastecimento

Esta pasta contém condições gerais da área de Abastecimento com as seguintes funções principais:

- Na Aba Capacidade de Fornecimento e Estoque Inicial são informados os estoques atualmente nos pátios da CST por processo e por empresa. Esta informação é importante para a definição da mistura atual e dos embarques por vir.
- Outras funções são Bloqueios de Porto e Restrições de Embarques, onde se prevê um determinado impedimento de um porto por um dado período e também é possível “forçar” um determinado carvão a vir em dado espaço de tempo.
- Conforme mostra a figura 4 têm-se aqui a inserção dos embarques fixos, ou seja, que chegarão em períodos próximos e não estão sujeitos a alteração.

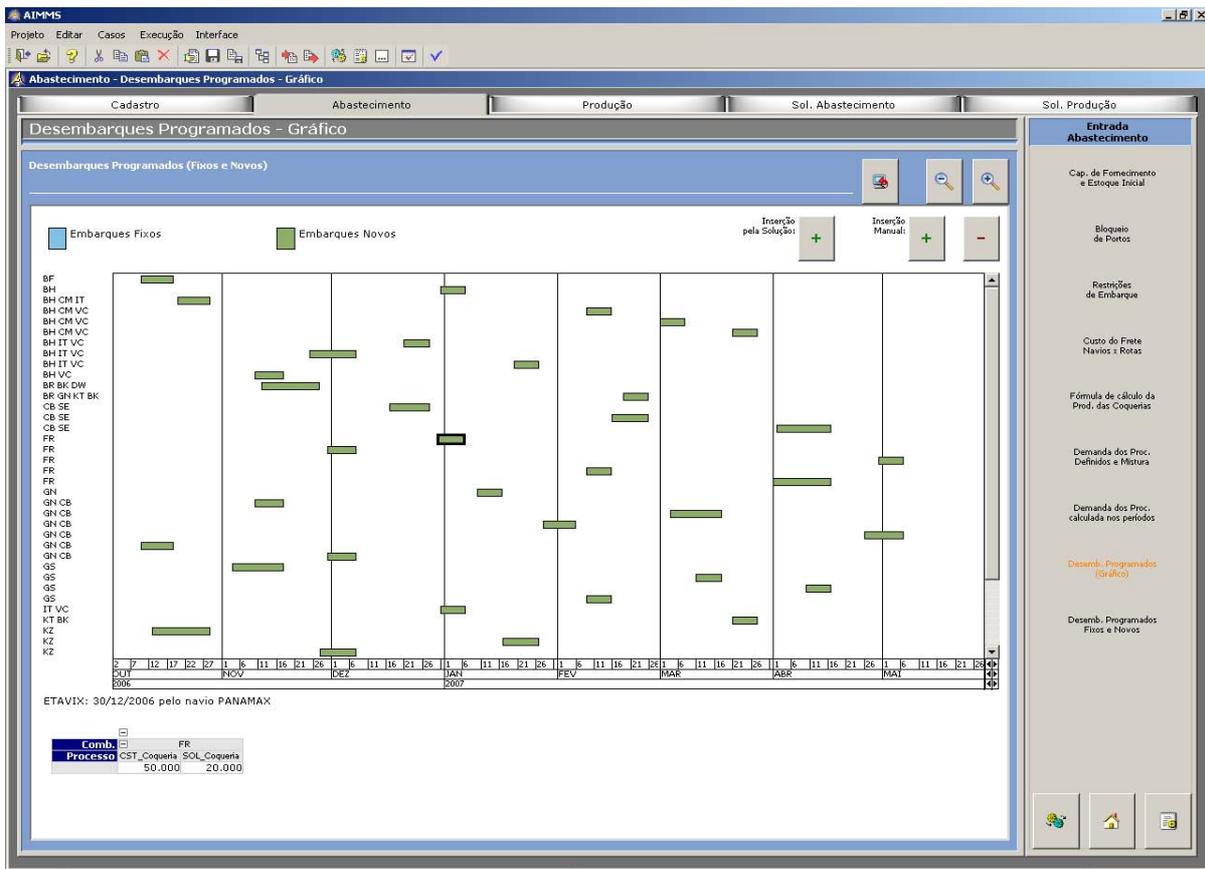


Figura 4. Aba Desemb. Programados (Gráfico).

### 3.2.2.3 Pasta produção

Esta pasta contém os itens de Produção com as seguintes funções principais:

- A qualidade exigida na mistura, na Aba Qualidade e Suav. da Mistura e Est. Viável, a qual pode sofrer variação ao longo dos períodos com as opções de exceção conforme Figura 5.

**Limite das Qualidades no Consumo das Misturas e Suavização Máxima permitida**

Processo	Qualid.	Pode Violar?	Mínimo	Máximo	Unidade Qualid.	Suavização	Unid. Suav.
CST_Coqueta	DIC	x	20	25,55	%	10,000	[%/dia]
	CRI	x	85		%	10,000	[%/dia]
	CSR	x	65,4		%	10,000	[%/dia]
	CZ	x			%	10,000	[%/dia]
	FT	x	2,5	3,2	[Log DDPM]		[%/dia]
	FSA	x		-6,5	(-+) %		[%/dia]
	P205	x			%		[%/dia]
	RM	x	1,1	1,3	%		[%/dia]
	S	x			%		[%/dia]
	V	x			%		[%/dia]
	MV	x	25,9	26,1	%		[%/dia]
	AUX_CZ	x			[-]		[%/dia]
	DI 1	x	84		%		[%/dia]
	MV.comg	x			%		[%/dia]
	P.Coque	x			%		[%/dia]
	REND	x			%		[%/dia]
	S_C	x		0,65	%		[%/dia]
	SGr	x		500	[mg/Nm3]		[%/dia]
	P_CvCq	x		0,045	%		[%/dia]
	CZ_C	x		10,7	%		[%/dia]
SOL_Coqueta	REND SOL	x			%		[%/dia]
	CSR SOL	x	65,5		%		[%/dia]
	CRI SOL	x	20	25,5	%		[%/dia]
	DIC SOL	x	85,5		%		[%/dia]
	CZ	x			%		[%/dia]
	FT	x	2,5	3,2	[Log DDPM]		[%/dia]
	P205	x			%		[%/dia]
	RM	x	1,1	1,3	%		[%/dia]
	S	x			%		[%/dia]
	V	x			%		[%/dia]
	MV	x	25,9	26,1	%		[%/dia]
	AUX_CZ	x			[-]		[%/dia]
	DI 1	x			%		[%/dia]
	P.Coque	x			%		[%/dia]
	S_C	x		0,6	%		[%/dia]
	SGr	x		500	[mg/Nm3]		[%/dia]
	P_CvCq	x		0,035	%		[%/dia]
	CZ_C	x		10,5	%		[%/dia]

**Limites de Qualidade (exceções)**

Processo: CST\_Coqueta

Qualidade: MV [%]

Exceção	Mínima	Máxima
09/10/06 (10)	23,9	24,1
19/10/06 (10)	23,9	24,1
29/10/06 (10)	23,9	24,1
08/11/06 (10)	23,9	24,1
18/11/06 (10)	23,9	24,1
28/11/06 (10)	23,9	24,1
07/12/07 (10)	23,9	24,1
17/12/07 (10)	23,9	24,1
27/12/07 (10)	23,9	24,1
06/02/07 (10)	23,9	24,1
16/02/07 (10)	23,9	24,1
26/02/07 (10)	25,9	26,1
08/03/07 (10)	25,9	26,1
18/03/07 (10)	25,9	26,1
28/03/07 (10)	25,9	26,1
07/04/07 (10)	25,9	26,1
17/04/07 (10)	25,9	26,1
27/04/07 (10)	25,9	26,1
07/05/07 (10)	25,9	26,1
17/05/07 (10)	25,9	26,1
27/05/07 (10)	25,9	26,1

**Entrada Produção**

- Teores das Qualidades nos combustíveis
- Qualidade e Suav. da Mistura e Est. Viável
- Partic. dos Combustíveis na Mistura e Est. Viável
- Participação dos Grupos na Mistura e Est. Viável
- Estoque de Segurança e Unidade dos Comb.
- Gráfico das Vitrinitas

Figura 5. Aba Qualidade e Suav. da Mistura e Est. Viável

- Nesta pasta define-se também as participações máximas e/ou mínimas de cada carvão ou grupo atingindo assim a melhor mistura de acordo com a participação exigida pelo usuário.
  - Também vemos aqui a definição dos dias de estoque de segurança em todos os processos envolvidos.
- Após a entrada de dados pelas pastas acima referidas o sistema, conforme figura 6, através do solver gera as Abas de solução seguir.

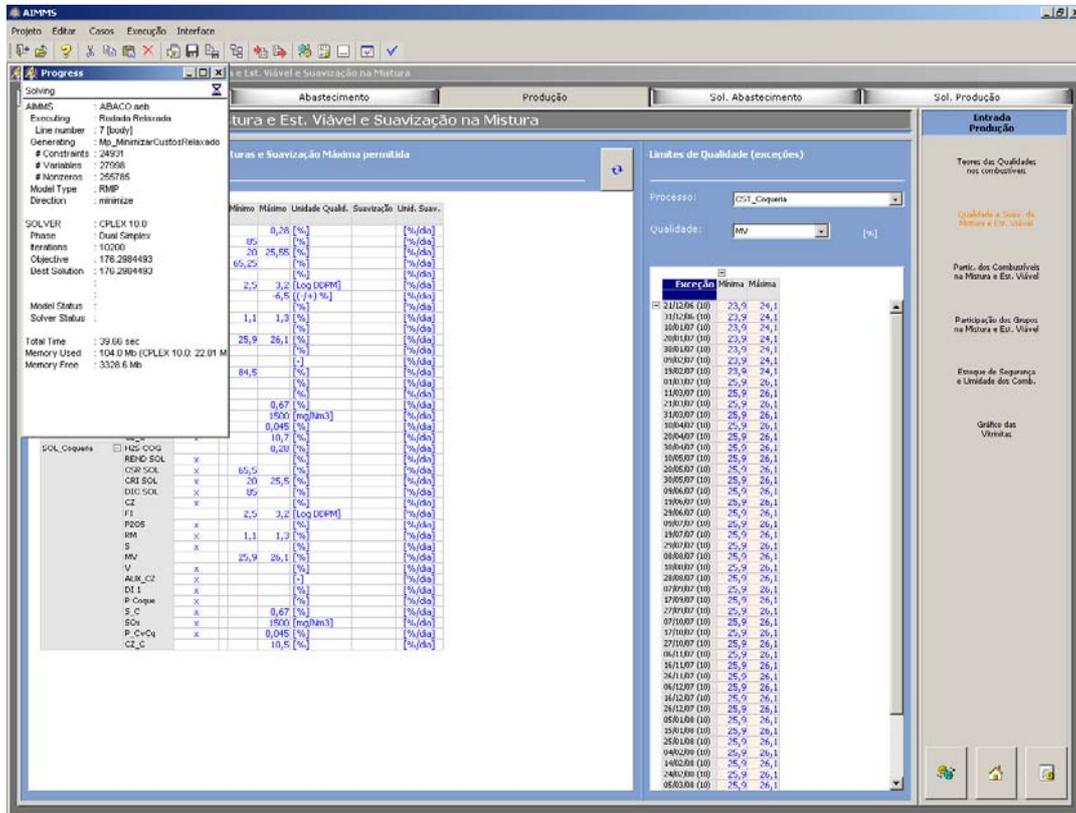


Figura 6. Solver gerando solução do sistema

### 3.2.2.4 Pasta Sol. Abastecimento

Esta pasta contém os itens de Sol. de Abastecimento com as seguintes funções principais:

- Os desembarques gerados no período através da Aba Desembarque (Gráfico de Gantt) conforme Figura 7.

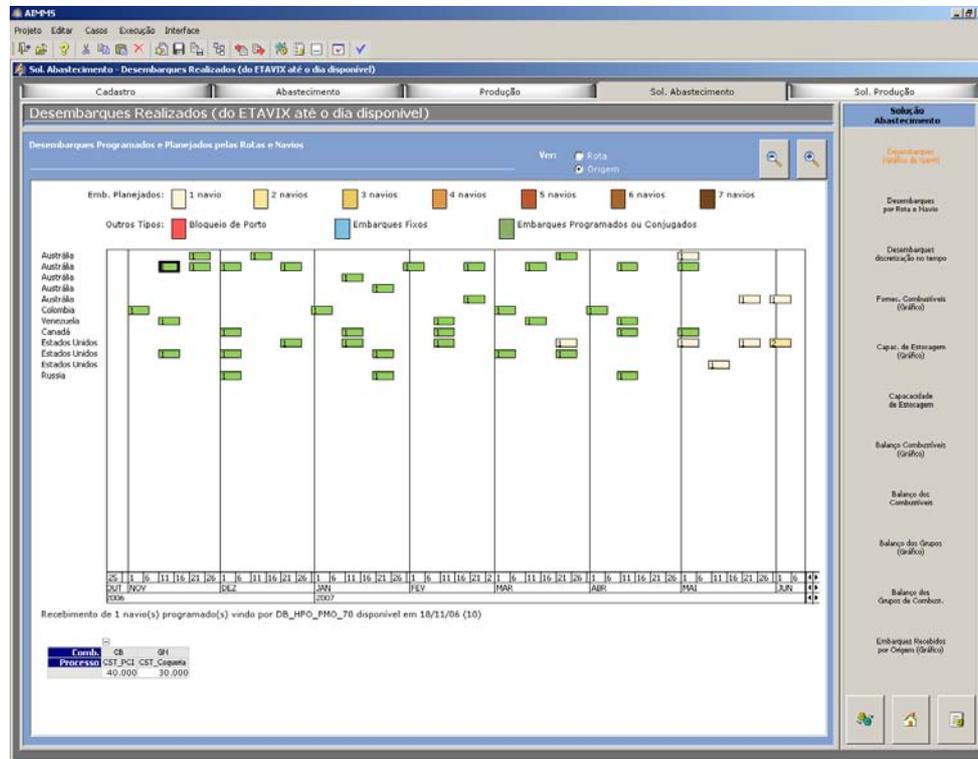


Figura 7. Aba Desembarques (Gráfico de Gantt)

- Esta pasta contém dados como a capacidade de estocagem por processo e total do pátio no período selecionado. Além disso, podemos analisar, através da Aba Balanço Combustíveis (Gráfico), o consumo de cada material e seu estoque individual conforme Figura 8.

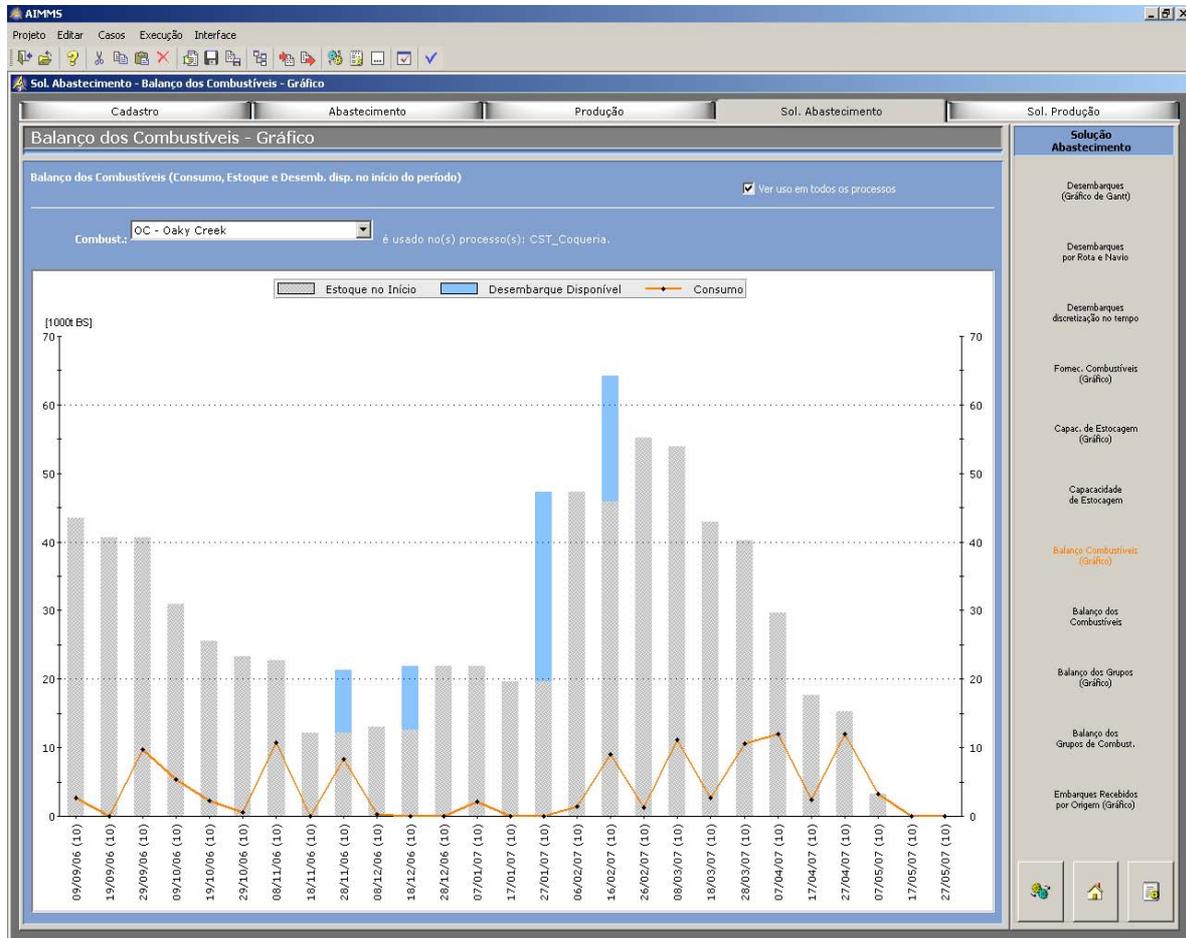


Figura 8. Aba Balanço Combustíveis (Gráfico)

### 3.2.2.5 Pasta Sol. Produção

Esta pasta contém os itens de Sol. de Produção com as seguintes funções principais:

- O item fundamental desta Pasta é a mistura das coquerias (CST e SOL) gerada por período, com a porcentagem de cada carvão e a qualidade atendida.
- Além disso, temos relatórios como custo do processo, estoque viável e de segurança, utilização do contratos e a Aba Consumo por Origem conforme figura 9.

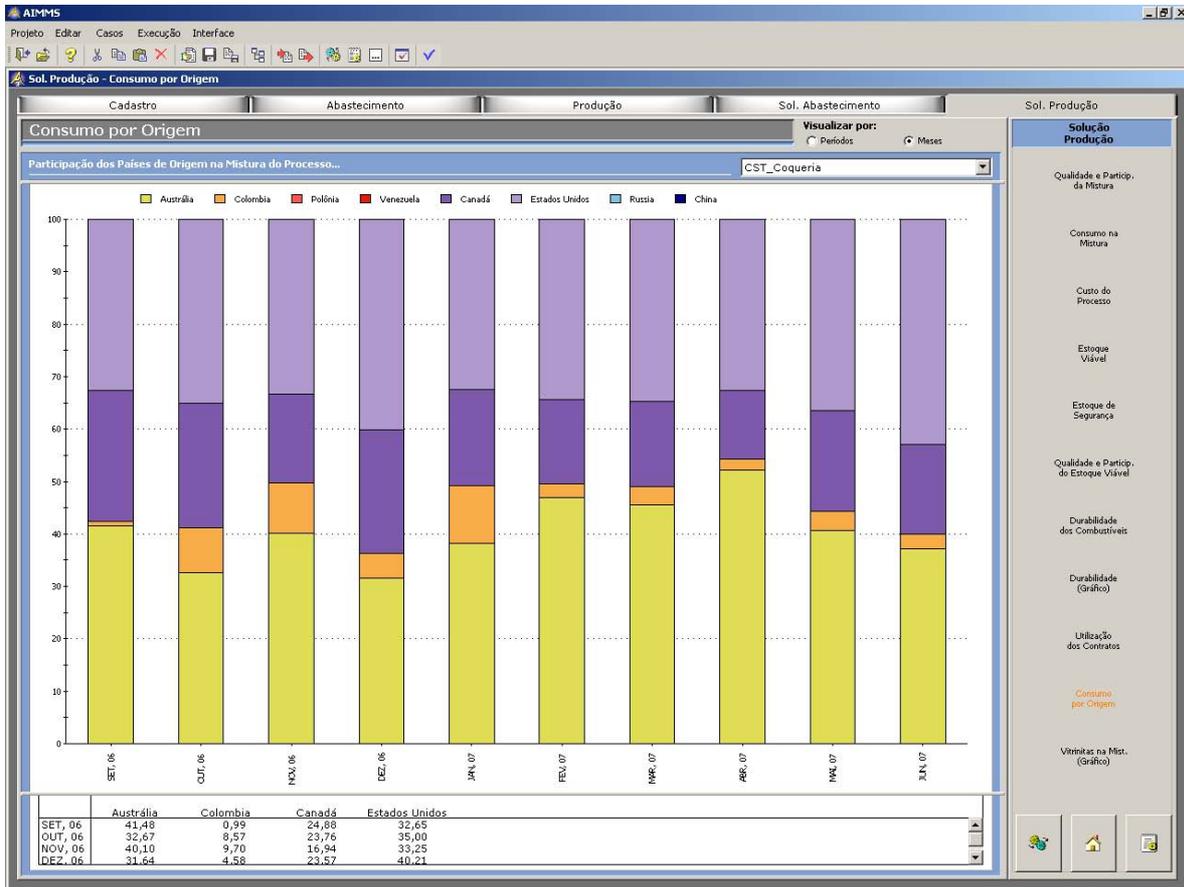


Figura 9. Aba Consumo por Origem

## 4 METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO E TESTE

Em Novembro de 2006 o sistema Ábaco foi implementado em ambiente de produção. Através de ação conjunta da *Software House* desenvolvedora do projeto com os engenheiros do Departamento de Produção de Gusa o sistema foi testado por 3 (três) meses.

Durante este período foram feitas comparações com o método anterior, avaliando as soluções obtidas e identificando possibilidades de melhorias no sistema.

Após a garantia de confiabilidade dos resultados obtidos ele foi definitivamente adotado como o modelo de programação de embarques da CST, e posteriormente da SOL.

## **5 RESULTADOS OBTIDOS**

Através da comparação com o método anterior de planejamento de embarques, em que cada processo era levado em conta individualmente, o Ábaco trouxe, com a sinergia entre eles, maior performance na execução do planejamento.

A programação é gerada de forma descendial e em horizonte de 1 (hum) ano com conjugações que possibilitam a melhor qualidade, as melhores rotas e as melhores combinações entre os materiais em um mesmo embarque.

O ganho de tempo é algo incomensurável permitindo agora uma maior análise do custo da solução.

O sistema também trouxe flexibilidade para suportar as variações do mercado com relação à disponibilidade dos materiais contratados e alterações de última hora permitindo alterar as misturas planejadas para as Coquerias da CST e SOL conforme se desejar.

## **6 CONCLUSÃO**

O sistema de planejamento de embarques – Ábaco – requer complexa entrada de dados que combinada com o solver matemático gera soluções de abastecimento e produção, possibilitando análise completa e mapeamento do processo de aquisição de combustíveis sólidos.

Com sua implantação o sistema decisório ganhou em confiabilidade e flexibilidade diminuindo o tempo de resposta exigido para alterações na programação.

Sendo o custo envolvido muito elevado o uso do software se traduz em constante ganho para as atividades das empresas envolvidas.