

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO GERAL E APLICADA
CENTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MBA EM GERÊNCIA DE SISTEMAS LOGÍSTICOS

CUSTOMIZAÇÃO DE DESENHOS LOGÍSTICOS BASEADA EM
SIMULAÇÃO

CURITIBA
2004

RODRIGO CINTRA VILAS BOAS

**CUSTOMIZAÇÃO DE DESENHOS LOGÍSTICOS BASEADA EM
SIMULAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de MBA em Gerência de Sistemas Logísticos, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção de grau de Especialista em Gerência de Sistemas Logísticos.

Orientador: Professor Darli Vieira Rodrigues, Ph.D.

CURITIBA

2004

TERMO DE APROVAÇÃO

RODRIGO CINTRA VILAS BOAS

CUSTOMIZAÇÃO DE DESENHOS LOGÍSTICOS BASEADA EM SIMULAÇÃO

Monografia aprovada como requisito parcial para o Curso de Pós Graduação - MBA em Gerência de Sistemas Logísticos, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção de grau de Especialista em Gerência de Sistemas Logísticos, pela seguinte banca examinadora.

Orientador: Prof. Darli Vieira Rodrigues

Curitiba, agosto, 2004

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
1 OPERADOR LOGÍSTICO – UMA BREVE CONCEITUAÇÃO	02
1.1 HISTÓRICO	02
2 POSICIONANDO A ALL	06
3 A SIMULAÇÃO	09
3.1 FERRAMENTA PARA TOMADA DE DECISÃO	10
3.2 POR QUE SIMULAR???	11
3.3 A SIMULAÇÃO PREVÊ RESULTADOS	12
3.4 VARIÂNCIA	14
4 CASE 1 – PROJETO USINOR	15
4.1 INTRODUÇÃO	15
4.2 MODELO: FLUXO <i>INBOUND</i>	16
4.2.1 Descrição do Problema	16
4.2.2 Premissas Utilizadas	17
4.2.3 Simulação	17
4.2.4 Resultados Práticos	19
4.3 MODELO: MOVIMENTAÇÃO INTERNA DA PLANTA	20
4.3.1 Descrição do Problema	20
4.3.2 Premissas Utilizadas (Fornecidas pela USINOR)	22
4.3.3 Simulação	23
4.3.4 Resultados Práticos	31
4.4 MODELO: LINHA 5	31
4.4.1 Descrição do Problema	31
4.4.2 Resultados Práticos	34
4.5 MODELO HYDRA (EQUIPAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS	35
4.5.1 Descrição do Problema	35
4.5.2 Premissas Utilizadas	36
4.5.3 Simulação	36
4.5.4 Resultado Prático	40

5 CASE 2 – PROJETO BELGO ARBET	41
5.1 INTRODUÇÃO	41
5.2 MODELO: ESTOQUES INTERMEDIÁRIOS	41
5.2.1 Descrição do Problema	42
5.2.2 Premissas Utilizadas	43
5.2.3 Simulação	44
4.2.4 Resultados Práticos	47
5.3 MODELO: ABASTECIMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO	48
5.3.1 Descrição do Problema	48
5.3.2 Premissas Utilizadas	48
6 CASE 3 – FROTA DE VAGÕES TANQUES PARA COMBUSTÍVEIS CLAROS	54
6.1 INTRODUÇÃO	54
6.2 MODELO: FROTA DE VAGÕES TANQUES	54
6.2.1 Descrição do Problema	54
6.2.2 Premissas Utilizadas	55
6.2.3 Simulação	55
6.2.4 Resultados Práticos	58
CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	60

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como finalidade comprovar a necessidade da ALL (América Latina Logística) de modificar seus processos de tomada de decisão em logística, devido ao novo escopo de atuação da empresa. Apresenta-se uma alternativa para suportar seus projetos de forma flexível e versátil, capaz de modelar qualquer processo logístico ou industrial, em qualquer nível de detalhe, a ponto de criar indicadores de desempenho sugeridos pelo próprio cliente. Ou seja, com alto grau de aplicabilidade e abrangência. Além de modificar a abordagem das análises executadas pela empresa, possibilita ainda uma revisão de todos os desenhos logísticos em funcionamento nas diversas áreas da organização. A quantidade de oportunidades que surge passa a ser proporcional ao tamanho da operação total da ALL, e como demonstraremos nos cases estudados, estas revisões certamente trazem ganhos expressivos.

A empresa já encontra um novo ambiente de atuação, agora a concorrência direta de multinacionais do setor torna a qualidade dos projetos fundamental para o crescimento da ALL. Será comum encontrar os mesmos competidores em projetos diferentes e, às vezes, até mesmo formar alianças, mas o principal é saber que o mercado demanda soluções inovadoras. A forma de vender e conquistar clientes está mudando. Cabe a ALL se adaptar a este novo cenário.

É inevitável o questionamento sobre o grau de conhecimento de simulação que estas análises exigem. É evidente que a habilidade de abstrair uma situação real e transformá-la num modelo de simulação é adquirida pela execução prática de projetos. Após dois ou três projetos pequenos o modelador já está habilitado a executar projetos grandes e de impacto financeiro maior. A ferramenta utilizada neste estudo, o simulador ProModel, tem como principal característica ser extremamente amigável e de fácil manipulação, não requer conhecimento anterior de nenhuma linguagem de programação específica.

1 OPERADOR LOGÍSTICO – UMA BREVE CONCEITUAÇÃO

Encontramos na literatura técnica diversas definições para Operador Logístico. Em algumas definições mais abrangentes, o termo é usado para simplesmente descrever o fornecimento de serviços, incluindo os formatos mais simples e tradicionais, como transporte e armazenagem. Assim, o termo “prestador de serviço logístico” abrange todo tipo de atividade logística, por mais simples que seja, não refletindo necessariamente os avanços tecnológicos e operacionais que dão sustentação ao moderno *Supply Chain Management*.

Em definições mais específicas, o Operador Logístico é um prestador de serviços que tem competência reconhecida em atividades logísticas, desempenhando funções que podem abranger todo o processo logístico de uma empresa cliente ou apenas parte dele.

Mesmo um restrito conjunto de serviços logísticos, por mais limitado que seja, deve ser oferecido pelo operador de forma coordenada e integrada. Esse é responsável por fazer as adaptações de ativos, bem como de sistemas de informações e comunicações necessárias às necessidades dos clientes, de forma a permitir uma maior eficiência da cadeia de suprimentos.

É com essa visão que discutiremos nas próximas seções, a tomada de decisão em logística e algumas formas de fazê-la suportada por tecnologia.

1.1 HISTÓRICO

Entre o final da década de 1970 e início da década de 1980, mudanças econômicas e estruturais passaram a afetar as sociedades comercialmente desenvolvidas e industrializadas. Observou-se um grande impacto na gestão empresarial e no mundo financeiro causado pelo desenvolvimento acelerado das tecnologias de informação e de comunicação. Paralelamente a isto constatou-se a acentuação da concorrência entre as empresas, em âmbito global. Um estudo

realizado por uma comissão do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), teve como objeto a perda da competitividade das empresas americanas frente às empresas asiáticas nesse período. As principais deficiências identificadas foram:

- Atenção para a produção em massa, com barreiras entre as empresas da cadeia (visão contrária ao *Supply Chain Management*);
- Adoção de horizontes de curto prazo;
- Deficiências tecnológicas no desenvolvimento de produtos e processos logísticos;
- Falhas na cooperação clientes-fornecedores.

Então as indústrias se utilizaram de inúmeras abordagens para solucionar os problemas apontados. No início dos anos 70, foram desenvolvidos e implantados programas diversos, como o círculo da qualidade e os sistemas de planejamento da produção (MRP e MRP II). Na década de 80 e início dos anos 90, surgiram as campanhas para melhorar a produtividade, a busca pela excelência, os sistemas flexíveis de produção e o ERP, a robótica, a produção assistida por computador, o sistema *just-in-time*, a reengenharia, o *kaisen*, qualidade total, produção classe mundial e os simuladores.

A quebra do paradigma da produção em massa pelo conceito de produção ágil e flexível, que revolucionou o setor industrial, acabou por revolucionar também o setor de distribuição. Essa mudança é caracterizada, sobretudo, por uma relação mais coordenada entre os vários participantes da cadeia de suprimentos e por mudanças organizacionais profundas, com uma forte influência nos sistemas logísticos das organizações. A distribuição passa a utilizar, de forma mais intensiva, recursos tecnológicos e as atividades varejistas passam a ter uma preocupação maior com o nível de serviços disponibilizados para o consumidor. A busca pela redução dos custos nos canais de distribuição dá origem ao ECR (*Efficient Consumer Response*) nos Estados Unidos em 1992. Uma nova mentalidade surge, buscando maiores economias e melhores resultados, a partir de uma maior eficiência ao longo dos canais de distribuição.

Na fase posterior à Segunda Guerra Mundial, alguns acontecimentos levaram as empresas a se reestruturarem:

- Redução das barreiras alfandegárias e não-alfandegárias;
- O surgimento dos blocos econômicos;

- O desenvolvimento acelerado da tecnologia da informação.

Estes acontecimentos permitiram a adoção de estratégias globais, substituindo as estratégias multinacionais. Com o surgimento de empresas globais, a necessidade da coordenação de uma logística eficiente tomou peso significativo, para viabilizar as estratégias globais já citadas.

Esta maior complexidade dos sistemas logísticos, que agora podem ser chamados de sistemas logísticos globais, é considerada uma das razões por trás do rápido crescimento da terceirização da logística. Como as reconfigurações logísticas requerem mudanças nas instalações, no treinamento de pessoal e no desenvolvimento de sistemas integrados de processamento de dados, mais e mais empresas estão buscando especializadas para ajudá-las nestas mudanças.

Mas, o aumento da terceirização de serviços logísticos se deve também a outros fatores. Neste período de reengenharia, de estoques reduzidos e de competição globalizada, muitas empresas estão concentrando seus esforços nas atividades centrais (*core competences* ou *core business*), que são críticas para sua sobrevivência. Essa mudança na estratégia de negócios estimula a demanda por serviços logísticos externos, tanto físico-operacionais, como de administração, quando estes não constituem a competência central da empresa. Esses serviços passam a ser providos, então, pelos prestadores de serviços logísticos.

Ao mesmo tempo em que o mercado global oferece mais oportunidades, surge naturalmente uma maior competição entre as empresas. A terceirização de serviços logísticos constitui, principalmente para as sociedades comerciais, uma forma de atingir novos mercados e oferecer um melhor nível de serviço. Nesse ambiente, as empresas buscam identificar as melhores formas de satisfazer seus clientes e sustentar ou ampliar seu *share*.

A busca pela redução de custos dos serviços logísticos é, sem dúvida, uma das razões mais importantes desta tendência. Segundo uma pesquisa feita com embarcadores de diversos países da Europa, a mais importante razão estratégica para justificar o interesse em terceirizar as suas atividades logísticas, é a necessidade de reduzir custos e aportes de capital. Essa razão é citada juntamente com a busca de melhoria do nível de serviço e do aumento da flexibilidade, o maior enfoque nas atividades centrais e a implantação de mudanças.

A utilização mais intensiva da tecnologia na operacionalização de sistemas logísticos, tem exigido maiores investimentos em *Softwares* e *Hardwares*. Essas tecnologias permitem reduzir mais facilmente os custos logísticos e aumentar o nível dos serviços oferecidos. Entretanto requerem altos investimentos e colaboradores treinados, o que pode constituir riscos para aqueles que querem utilizá-la. Nesse contexto, os prestadores de serviços logísticos representam uma alternativa interessante a considerar. No que se refere à tecnologia, podemos dizer que há um acréscimo de versatilidade que se pode obter com a utilização de Operadores Logísticos, tendo em vista o alto investimento em tempo e capital necessários para desenvolver e implementar novas tecnologias e novos sistemas dentro da própria empresa, torna-se mais fácil utilizar serviços de terceiros. Além disso a versatilidade permite às empresas contratantes alcançar melhorias no controle, na tecnologia e na operação, transformando custos fixos em variáveis. Os prestadores de serviços logísticos, se eficientes, podem reconfigurar com mais habilidade e mais rapidamente os serviços oferecidos, ajustando-os às mudanças no mercado e os avanços tecnológicos.

2 POSICIONANDO A ALL

A partir da integração ALL e Delara, a empresa passa a se posicionar definitivamente como operador logístico. Nas definições da seção anterior foram destacadas algumas idéias:

- Personalizar;
- Adaptação de ativos;
- Tomada de decisão em logística;
- Consultoria em administração logística;
- Cooperação clientes fornecedores;
- Eficiência;
- Melhoria do nível de serviço;
- Implantação de mudanças;
- Acréscimo de versatilidade;
- Reconfiguração;
- Tecnologia e redução de custos.

Seguindo estas idéias podemos definir melhor, não apenas o que a ALL deve buscar como ideal, mas também podemos definir um novo modo de condução de projetos em que a empresa estará envolvida.

Sem dúvida, o maior impacto desta mudança está na forma de ganhar novos clientes, mudando inclusive o escopo de atuação das unidades de negócios.

Anteriormente, a venda se concretizava a partir de uma proposta comercial onde estavam envolvidas apenas duas partes, o cliente interessado em minimizar custos transportando a sua carga através da ferrovia e a ALL disponibilizando o seu serviço de transporte baseada num preço final abaixo do cobrado pelo setor rodoviário. Às vezes, algum serviço logístico estava envolvido (ponta rodoviária, transbordo, enlonamento,...), mas sempre com o objetivo de viabilizar o fluxo ferroviário, tendo margem de lucro zero nestas atividades. Outro ponto seria a ausência de concorrência; os projetos eram desenvolvidos em parceria com o cliente, sem disputa direta com outros competidores. Em alguns casos o cliente chegava até a investir em frota ou estruturas, devido aos ganhos que o transporte

ferroviário traria para seu negócio. E isso poderia ser feito pela área comercial pois o grau de complexidade do projeto não demandava uma dedicação exclusiva do coordenador, podendo este exercer também outras atividades, estas sim de cunho explicitamente comercial, como relacionamento com o cliente, negociação e manutenção dos contratos, aumento de participação no *share* ou prospecção de novas oportunidades.

A ALL foi procurada pela UNILVER para desenvolver um projeto. Esta situação mostra muito claramente como o crescimento da empresa está diretamente relacionado à qualidade de seus projetos e ao grau de precisão das suas decisões logísticas daqui por diante. A UNILVER tem uma fábrica de detergentes próxima à Campinas (SP), e abriu uma concorrência para terceirizar todo o processo de *inbound* desta planta, incluindo movimentação interna, gerenciamento de estoques e alimentação das linhas de produção.

O projeto Belgo, discutido no Case 2, também tem esta característica. Uma concorrência contra outros operadores logísticos, onde além do diferencial de custos, o operador deve apresentar soluções inovadoras.

Comparando esta situação às que tínhamos antes do novo posicionamento da companhia, imediatamente percebemos que a conquista deste tipo de concorrência não está ligada diretamente à um esforço comercial intenso, e sim a um desenvolvimento inovador de soluções customizadas, que tragam ganhos para o cliente em termos de custo e nível de serviço.

Dessa forma, atividades como: pleno entendimento das necessidades do cliente, dimensionamento preciso dos ativos, decisões de investimento em estrutura, criação de novos indicadores de performance e dimensionamento quadro de colaboradores serão vitais para a empresa, principalmente quando os contratos passam a ter validade de três a cinco anos. O ponto de equilíbrio entre entregar um estudo/proposta dotado de serviço qualificado com custo adequado fica mais difícil de ser encontrado. Uma operação mal dimensionada pode proporcionar alguns anos de prejuízo, uma vez que, revolucionando a logística de determinado cliente, mudanças estruturais profundas em sua organização o farão propor um contrato todo amarrado em penalidades altas por ineficiência ou rescisão do mesmo.

A simulação passa a ser uma ferramenta fundamental para a ALL conduzir seus projetos de uma maneira mais detalhada, possibilitando a modelagem dos

processos logísticos dentro da “casa” do cliente, customizando a operação e testando possibilidades sem custo de implantação. Isto fica claro nos cases apresentados a seguir sobre desenhos logísticos de clientes suportados pela simulação.

Mas existem ainda outras aplicações para a ferramenta. É possível utilizar a modelagem para resolver problemas operacionais da própria ALL, como mostra a simulação sobre a frota de vagões-tanque, para combustíveis claros.

3 A SIMULAÇÃO

Ninguém tem certeza sobre a data em que o primeiro modelo foi desenvolvido, mas um princípio sobre o uso das representações simbólicas para melhor entender as interações de várias partes de um sistema é provavelmente tão velho quanto o método científico. O modelo põe os componentes do sistema de uma forma tal que, somos capazes de compreender a realidade baseados em fenômenos conhecidos e nos permite realizar experimentos que nos ajudam a prever o comportamento do sistema real. Se o modelo apresenta um desempenho dentro das expectativas, ficamos satisfeitos por vermos confirmados o nosso entendimento sobre o sistema de estudo. Caso o modelo não se comporte como esperado, efetuamos mudanças, na tentativa de desenvolver um modelo que demonstrará que o nosso entendimento, agora melhorado, refletirá a realidade.

No passado, os modelos quantitativos eram relativamente pequenos. Seus tamanhos eram limitados pela habilidade e pela vontade dos pesquisadores em manusear um volume de cálculo que expandia geometricamente à medida em que o número de elementos do modelo era incrementado. Se cada novo elemento causava impacto em um número significativo de outros parâmetros dos sistemas, o potencial para cálculos adicionais se tornava ingerenciável muito rapidamente.

Os pesquisadores foram rápidos ao perceberem as vantagens da modelagem. Com a evolução tecnológica, as novas máquinas não apenas podiam executar os cálculos numa fração de tempo requerido pelo homem, mas além disso, as possibilidades de um computador, programado apropriadamente, para gerenciar um grande volume de interações, resultaram em modelos mais precisos e em reduções de custo de execução.

A alta capacidade de processamento alcançada proporcionou significativos avanços na modelagem. Primeiro, os *softwares* possibilitaram a construção de modelos mais complexos do que antes, que de fato representavam o sistema e suas interações em estudo, ao contrário de utilizar abstrações muito simplificadas. Segundo, a habilidade do computador em manipular grandes volumes de dados com velocidade e precisão incentivou a modelagem dinâmica, na qual milhares de

eventos são processados em uma pequena fração de tempo se comparado ao real. O computador pode manter cada evento na sua seqüência apropriada e pode considerar previamente interdependências identificadas, com muito mais eficácia que o homem.

3.1 FERRAMENTA PARA TOMADA DE DECISÃO

Simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema real responderia à mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições.

“Um sistema, para os nossos propósitos, pode ser definido como uma combinação de elementos que interagem para cumprir um objetivo específico.” (BLANCHARD,1981).

Um grupo de ativos, cada um desempenhando um papel num processo de suprimento e distribuição, constituiria um sistema logístico. Cada combinação de elementos compreende um subsistema de um sistema ainda maior. Isto fica explícito no case que será apresentado à seguir, a fábrica da USINOR foi analisada em partes, hora apenas um desvio ferroviário, hora a movimentação interna da fábrica, hora o processo de *outbound*. Mas tudo isto faz parte de um sistema ainda maior, poderíamos enxergar desde a saída das bobinas brutas da planta do fornecedor, até a distribuição final dos clientes da USINOR.

Mas então cabe uma ressalva: o responsável pela simulação nunca deve esquecer que a simulação é uma ferramenta para solução de problemas. Se entendermos que um modelo bem construído irá nas ajudar a responder questões importantes, a simulação poderá ser uma técnica útil e poderosa;. Muito facilmente, entretanto, o modelo em si torna-se o objeto do estudo, superando a necessidade das respostas à questões importantes. Em algumas situações, outros métodos poderiam propiciar respostas mais rápidas e com custos menores.

Duas perguntas devem ser feitas pelo modelador: “Qual deveria ser o escopo do modelo ?” e “Que nível de detalhes devem ser considerados ?”. Para responder à

primeira questão é essencial incluir aqueles fatores que apresentem impacto significativo no comportamento do modelo, que devem estar alinhados com o propósito da simulação. A resposta à segunda questão se apoia no entendimento de que não é simulação. Simulação não é uma ferramenta de emulação com o qual o modelista se esforça para criar um réplica exata do sistema logístico. Mesmo que o *software* seja capaz de manipular todos os detalhes que afetam cada elemento, o tempo e o custo requeridos para a construção não justificariam os resultados. O simulador pode ser utilizado, e tem flexibilidade para isso, no suporte à decisões de rotina, táticas ou estratégicas, especialmente em projeções de possíveis estados futuros baseados nos dados atuais. Como exemplo, poderíamos simular diariamente se a expedição de uma fábrica tem capacidade de processar todo o volume vendido no dia anterior, conforme a quantidade de recursos (pontes rolantes, empilhadeiras, vagões,...) disponíveis para a operação.

A simulação apresenta excelente performance na avaliação de mudanças propostas a um sistema existente ou no projeto de um novo sistema. Um modelo bem construído poderá gerar estimativas do desempenho em termos de tempos produtivos, dimensionamento de filas, utilização de ativos e de recursos.

Na sua forma mais pura a simulação é uma ferramenta para avaliar idéias. Neste contexto, onde gerentes e outros com responsabilidade de tomada de decisão procuram formas de analisar o impacto de mudanças potencialmente positivas em questões extremamente complexas, a simulação se apresenta como uma solução de alta aderência ao negócio da ALL. O papel da simulação na resolução de problemas tem importância diretamente proporcional ao impacto que uma decisão pode ter nos custos ou nível de serviços da companhia.

3.2 POR QUE SIMULAR???

Muitas empresas possuem recursos disponíveis, os quais, quando corretamente empregados, podem trazer significativa melhoria tanto em produtividade, quanto em qualidade. É comum que colaboradores ofereçam

sugestões embasadas por seus conhecimentos e experiências, mas que não são colocadas em prática pela incerteza do resultado. A habilidade de definir uma idéia com um modelo permite testar o impacto das sugestões e, então, o uso do simulador, suas animações e seus gráficos de indicadores, para “vender” a proposição levantada aos tomadores de decisão pode incentivar uma atitude como “vamos usar este laboratório virtual para ver”.

3.3 A SIMULAÇÃO PREVÊ RESULTADOS

“O gerenciamento de um sistema é uma ação baseada em previsão. A previsão racional requer aprendizado e comparações sistemáticas das previsões dos resultados de curto prazo e longo prazo das alternativas de ação” (DEMING 1989).

A simulação educa as pessoas no que se refere ao modo como os sistemas operam e como este responde às mudanças. Alternativas de ação podem ser prontamente testadas para se determinar os efeitos na performance do sistema.

O teste é um pré-requisito natural para uma implementação. Embora a realização de testes com o sistema real seja ideal, nem sempre isto é possível. O custo associado à mudança de um sistema logístico pode ser muito alto, tanto em termos de capital necessário, quanto em termos de perdas resultantes de interrupções da operação de uma fábrica, por exemplo.

Tentar sucessivas mudanças no sistema é praticamente impossível. À medida que aumenta o custo de uma solução logística proposta, aumenta proporcionalmente o custo da experimentação física com variações. Suponhamos que um sistema de recebimento de cargas automatizado aumentasse a eficiência de uma frota de vagões e caminhões, mas em contrapartida houvesse um impacto no sistema de estocagem. A instalação do equipamento em caráter de teste não seria financeiramente viável e a experimentação com configurações alternativas seria praticamente impossível. Neste caso, faria mais sentido a experimentação com um modelo representativo.

Os sistemas logísticos são dinâmicos e estocásticos por natureza. Um sistema dinâmico implica em ações com fatores de influência mudando ao longo do tempo.

Um processo de *inbound* de uma fábrica, por exemplo, está sujeito à mudanças nas taxas de chegada dos insumos, disponibilidade de equipamentos, etc. A estocástica sugere que estas mudanças podem variar indiscriminadamente. Encontrar e testar melhorias potenciais para os problemas de sistemas dinâmicos e estocásticos vai ao encontro de três tipos de modelos:

- Modelos de opinião;
- Modelos matemáticos estáticos;
- Modelos de simulação.

Modelos de opinião são compostos basicamente de "*feelings*". As crenças e idéias de um indivíduo ou de um grupo servem como representação do sistema. Em decorrência de que, dados pouco ou nada quantificáveis são utilizados para avaliar alternativas, os resultados são imprecisos.

Modelos matemáticos estáticos delineiam aritmeticamente um sistema. As características operacionais de um sistema são descritas em termos de equações numéricas e os efeitos potenciais de uma alternativa são derivados de uma simples computação de equações. Para a maioria dos modelos, os valores variáveis usados são constantes baseadas em médias. O comportamento e a performance do sistema são determinadas pela soma de efeitos individuais. Modelos desenvolvidos em planilhas, como o EXCELL são exemplos de modelos matemáticos estáticos.

Modelos de simulação são também matemáticos por natureza e empregam o uso de equações numéricas para descrever as características operacionais do sistema. A simulação difere dos modelos estáticos porque é conduzida pelos eventos. O evento é algo que acontece em determinado momento e pode ser programado pelo modelador, como por exemplo, a chegada de uma composição de vagões ao desvio do cliente ou o início do descarregamento de um caminhão. O comportamento e a performance do sistema são derivados das interações de uma grande quantidade de eventos.

3.4 VARIÂNCIAS

Nos sistemas logísticos do “mundo real” muitas coisas não acontecem da mesma forma a cada vez em que ocorrem. Mesmo na maioria dos processos, o impacto da quebra de um equipamento, a falta de um ativo e outras situações indesejadas se conjugam para criar um ambiente de incerteza. À medida em que o fator humano é inserido no sistema, é claro que a possibilidade de ocorrerem variações é potencializada. A simulação é a única dentre as ferramentas de decisão capaz de lidar de maneira eficaz com essas variações e proporcionar estimativas das influências destas sobre a performance do sistema.

Problemas que são inerentes à sistemas logísticos dinâmicos via de regra se tornam mais difíceis de analisar à medida em que as variáveis se multiplicam e se relacionam. As possibilidades de se chegar à novas e importantes conclusões sobre estes sistemas logísticos não tem fim. Estes “*insights*”, obtidos pelo uso da simulação, aumentam conforme o número de variáveis e suas relações de interdependência.

Os benefícios advindos do uso de um modelo são intimamente relacionados à suas capacidade de imitação, que pode ser medida pelo grau de adequação das respostas de um sistema logístico real existente ou hipotético com as respostas que o modelo oferece quando é submetido aos mesmos estímulos experimentados ou esperados pelo sistema em estudo. Modelos de simulação (dinâmico) são muito superiores a modelos matemáticos estáticos ou modelos de opinião, no que se refere à questões de logística.

Modelos matemáticos estáticos desprezam o impacto das ocorrências aleatórias (estocásticas), que existem em todos os sistemas logísticos reais, porque não incluem o papel do tempo na simulação. Os profissionais ou empresas que tomam suas decisões, não podem controlar a ocorrências aleatórias de alguns fatos. No entanto, podem prever as conseqüências destes eventos e a probabilidade de acertar ou errar numa decisão.

4 CASE 1 - PROJETO USINOR

4.1 INTRODUÇÃO

O projeto da Usinor de construir uma fábrica em São Francisco do Sul envolve uma movimentação de aproximadamente um milhão e meio de toneladas. E, à princípio, a ALL teria como escopo apenas o transporte ferroviário, sendo responsável pelo processo de *inbound* (abastecendo a fábrica com as bobinas que chegarão de navio no porto) e parte do processo de *outbound*. Com a integração ALL Delara, foi possível oferecer um leque de opções maior, abrindo a discussão sobre movimentação interna, construção de centros de distribuição nas pontas da malha ferroviária, distribuição direta e complementar via rodoviário e ativos dedicados. Acompanhando esta mudança, surgiu um novo tipo de demanda por parte do cliente. Agora as dúvidas eram muito mais específicas e com um nível de detalhamento muito maior.

Então, algumas questões se mostraram extremamente abstratas e difíceis de mensurar, como por exemplo, qual o tipo de máquina a ser utilizada para realizar a movimentação interna da fábrica? E sendo um projeto em que o cliente apresenta um aporte alto de capital, a exigência por decisões precisas tornou-se determinante para o projeto. E a ALL se apresentando como uma empresa de logística propriamente dita, o cliente entendeu que teríamos maiores condições de chegar a um número confiável. Conforme descrito anteriormente, neste caso não seria possível comprar um equipamento à título de teste, nem tampouco “ajustar e refinar” o sistema logístico até que se descobrisse o ponto ideal para realizar a operação.

Modelar esta operação num laboratório “virtual”, utilizar os dados fornecidos pelo próprio cliente, simular os diferentes cenários sugeridos por eles (com a participação ativa da Usinor no processo), trouxe para a ALL um diferencial brutal em relação aos outros fornecedores participantes do projeto. Todos os indicadores de performance gerados pela simulação foram estabelecidos em parceria entre as duas empresas, possibilidade que também pode ser customizada na ferramenta. As impressões do cliente estão descritas na seção de depoimentos, onde um dos

gerentes responsáveis pela futura planta dá um “*feedback*” sobre a condução do projeto à partir da utilização da simulação.

A seguir serão descritas quatro situações onde a ferramenta foi utilizada, os problemas a serem solucionados e o resultado alcançado.

4.2 MODELO: FLUXO *INBOUND*

4.2.1 Descrição do Problema

À partir da definição, por parte da Usinor, dos volumes de bobinas que chegariam ao Porto de São Francisco do Sul, foi realizado um desenho de recebimento destas bobinas, contemplando as informações disponíveis na época. Mas outras suposições começaram a ser levantadas:

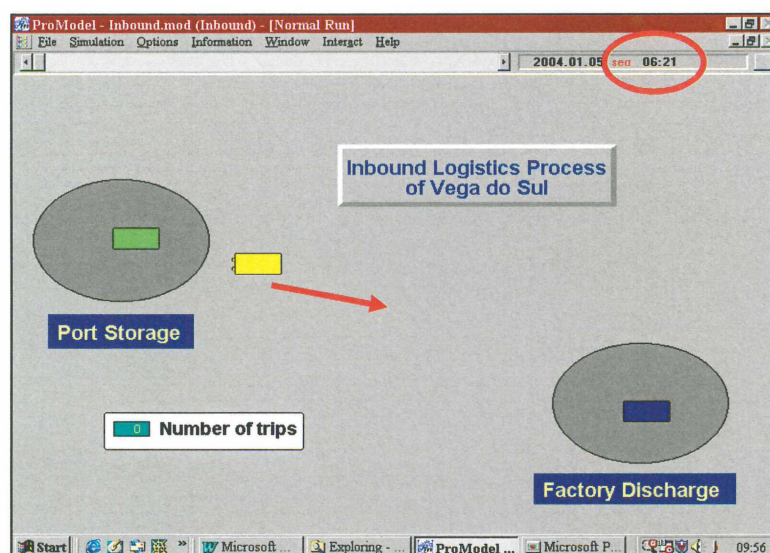
- O número de vagões necessários para fazer a operação de *inbound* seria aquele definido anteriormente ou poderia haver ainda alguma mudança?
- Quantos trens diários seriam necessários para atender todo o volume demandado?
- Quais seriam os melhores horários de operação?
- Quantos turnos de operação do operador portuário seriam necessários? - Poderiam ser 2 ou 3 turnos, fato que impactaria nos custos de operação da Fábrica.
- Devido às características físicas dos produtos, haverá um percentual de capacidade disponível não aproveitada, chamado “ociosidade técnica”. As bobinas têm pesos e medidas pré-determinadas, restringido o peso transportado em cada vagão.
- Esta ociosidade inviabilizaria o desenho logístico imaginado?

4.2.2 Premissas Utilizadas

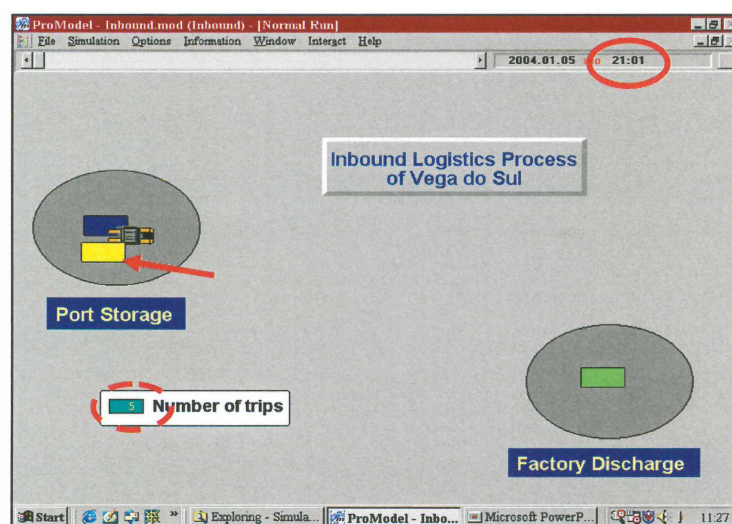
• Data início da operação:	05/01/2004
• Horário início da operação:	6hrs
• Distância entre o porto e a fábrica:	8 quilômetros
• <i>Transit time</i> (incluindo manobras):	1hr 30 min
• Locomotivas disponíveis:	1 locomotiva
• Tempo de carregamento:	3 horas
• Tempo de descarregamento:	3 horas
• Primeiro turno do porto:	6hrs às 12hrs
• Segundo turno do porto:	12hrs às 18hrs
• Terceiro turno do porto:	18hrs às 24hrs
• Volume mensal demandado:	115.200 ton
• Início da operação:	1 composição descarregada na fábrica (azul) 1 composição descarregada no porto (verde) 1 composição carregada no porto (amarela)
• Frota de vagões:	33 vagões

4.2.3 Simulação

O primeiro cenário simulado contemplava cinco viagens entre o porto e a fábrica, sendo que a quinta viagem levaria uma composição com um número reduzido de vagões. Como mostra o modelo abaixo, a operação teria início às 6 h da manhã e se estenderia após às 18 h (horário do fim do segundo turno do porto). OBS: cada figura quadrada no simulador representa uma composição.



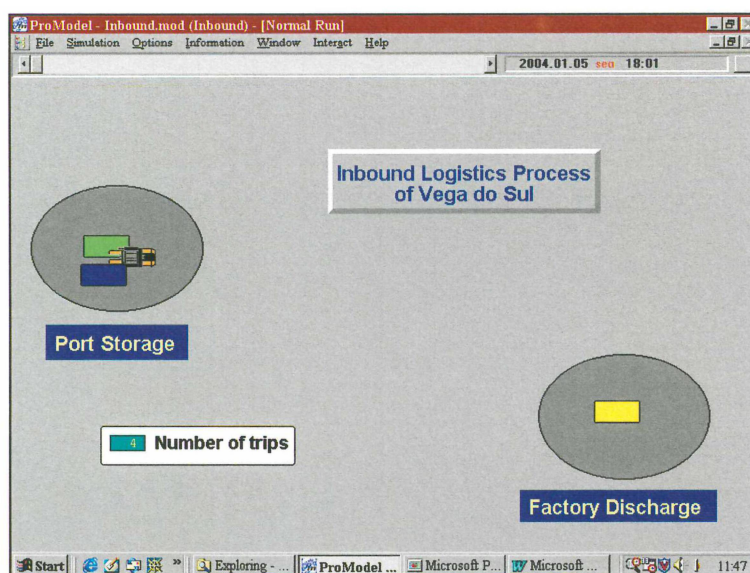
Às 6 horas, a composição carregada amarela que estava no porto parte em direção à fábrica e a composição verde começa a ser carregada imediatamente.



Por volta das 21 h chega a última composição descarregada (amarela) ao porto, completando 5 viagens (indicador = *number of trips*). Utilizando este cenário a Usinor teria que pagar as despesas de operar com três turnos.

Então foram alteradas algumas premissas, baseadas no resultado do primeiro cenário, e testamos essas mudanças no simulador:

- Frota com 36 vagões de maior capacidade (3 composições de 12 vagões);
- Realizar quatro viagens ao invés de cinco;
- Todo o volume diário transportado carregado até 18 h.



Dessa forma, a operação no porto acaba às 18 h, no mesmo horário do segundo turno, dispensando a utilização de um terceiro turno. E todo o volume diário é atendido com este desenho.

4.2.4 Resultados Práticos

- **Aumento do investimento em vagões:** A frota projetada anteriormente era de 33 vagões e passou para 36 vagões. E ainda comporta a ociosidade técnica, que conforme cálculos realizados, será de 4 à 5 %.

- **Economia de um turno do operador portuário:** A situação anterior estimava a utilização de três turnos, mas serão necessários apenas dois turnos. Impacto direto no custo fixo da Usinor.

- **Pleno entendimento do cliente e aceitação do desenho proposto.** Nas discussões anteriores o cliente não conseguia visualizar as idéias propostas, dificultando a aceitação do investimento necessário em frota. Esta conclusão servirá também para direcionar suas negociações com o operador portuário.

4.3 MODELO:MOVIMENTAÇÃO INTERNA DA PLANTA

4.3.1 Descrição do Problema

Conforme o esquema na próxima página, o fluxo de *inbound* (detalhado na simulação anterior) não termina no momento em que a locomotiva deixa a composição no pátio externo na Usinor (ponto A). O percurso entre este pátio externo e o local onde os vagões serão descarregados (ponto C) tem aproximadamente 1 quilômetro, necessitando de um segundo equipamento, independente do fluxo porto/fábrica, cuja finalidade é abastecer a fábrica com vagões carregados e trazer de volta ao pátio externo vagões vazios, que serão carregados novamente no porto.

Por outro lado, todo o volume de produto acabado que será escoado pela ferrovia (*outbound*) será carregado no interior da fábrica, ao lado das linhas de produção (pontos C e D). O pátio externo (ponto A) será utilizado para fazer a triagem e consolidação destas composições conforme seus destinos finais, que será utilizado também para recepcionar os vagões vazios que serão carregados na planta.

Dessa forma, um mesmo equipamento deverá realizar todas as movimentações internas da fábrica, atendendo conjuntamente ao volume de abastecimento e ao volume de produção, considerando os seguintes fluxos:

- Fluxo 1: Abastecimento de matéria prima (do ponto A para o ponto C);
- Fluxo 2: Retorno de vagões vazios descarregados na planta (do ponto C para o ponto A);
- Fluxo 3: Transporte de vagões vazios para carregamento de produto acabado (ponto A para ponto D);
- Fluxo 4: Transporte de vagões carregados de produto acabado (ponto D para ponto A);
- Fluxo 5: Transporte de vagões vazios para carregamento de produto acabado (ponto A para ponto E);

- Fluxo 6: Transporte de vagões carregados de produto acabado (ponto E para ponto A).

Para aumentar a complexidade do sistema, este equipamento deve atender as prioridades de cada fluxo. Os fluxos 1 e 2 têm maior prioridade sobre os outros, devido ao impacto no custo fixo da operação se houver atrasos na chegada de vagões vazios para carregamento no porto e conseqüente necessidade de turnos de trabalho extras do operador portuário.

Os fluxos 3 e 5 têm prioridade sobre os fluxos 4 e 6. Os pontos de carregamento devem estar o maior tempo possível em operação, logo o equipamento deve deixar de carregar vagões cheios para o pátio externo (ponto A) para colocar vagões vazios para serem carregados (pontos D e E).

Há um pátio intermediário no interior da planta (ponto B) que servirá também para atender a estas prioridades. Quando for necessário atender a uma prioridade maior durante o transporte de alguma composição, esta pode ser desacoplada neste ponto e acoplada novamente após o equipamento ter atendido à maior prioridade.

A Usinor planejava comprar um equipamento para realizar toda esta movimentação interna, com capacidade de tração limitada a 2 vagões por viagem. Os responsáveis da ALL pelo projeto informaram a Usinor de que esta máquina não atenderia o volume total de operação e seria necessário uma segunda locomotiva para realizar a movimentação interna. Após a cotação do aluguel desta locomotiva, a Usinor mostrou resistência devido ao custo, insistindo na compra do equipamento de menor capacidade.

Pergunta-se:

- A locomotiva é realmente necessária para movimentação interna ou um equipamento menor poderia atender o volume demandado ?

- Qual a taxa de utilização dos dois equipamentos ?

- Caso se comprovasse a necessidade do aluguel da locomotiva, qual o número ideal de vagões por composição em cada ponto de operação (C, D e E)?

- Quais os horários de operação que diminuiriam o número de viagens da locomotiva não tracionando nenhum vagão ?

- Quantas horas de operação seriam necessárias para atender à esta demanda?

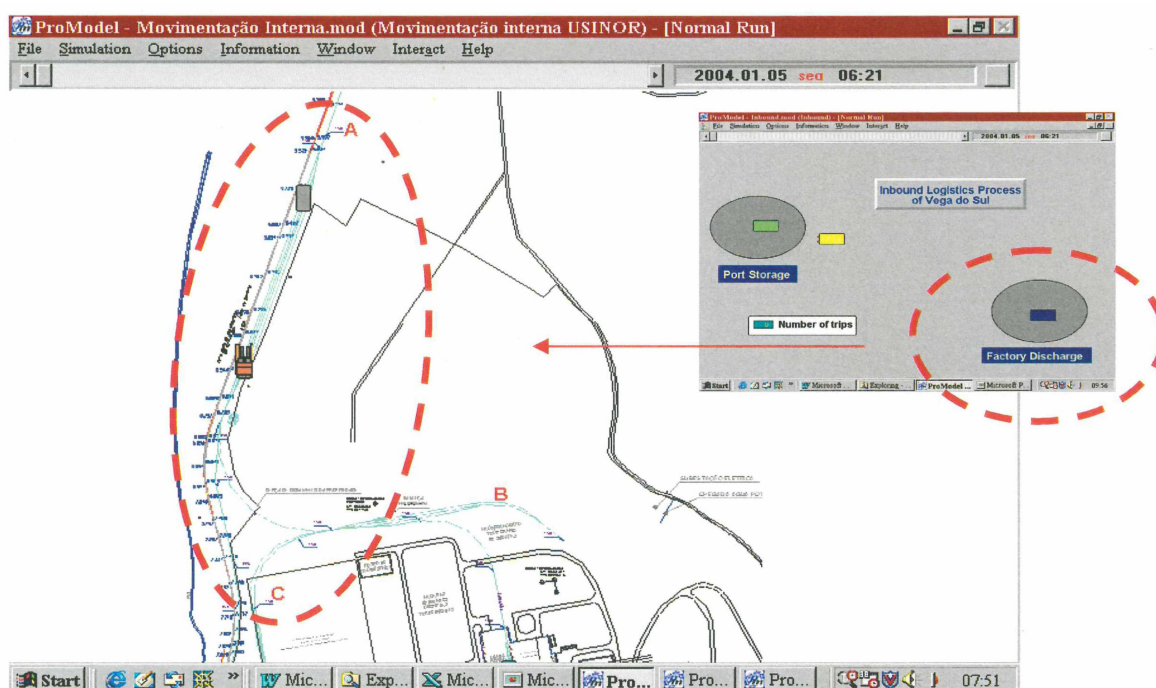
- Quanto tempo as composições ficarão paradas e carregadas nos pontos de operação esperando a disponibilidade do equipamento para serem tracionadas ?

4.3.2 Premissas Utilizadas (fornecidas pela USINOR)

• Início da operação:	05/01/2004
• Horário do início:	6 hrs
• Prioridade das cargas <i>Inbound</i> :	nível 10
• Prioridade dos vagões vazios p/ carregamento <i>outbound</i> :	nível 6
• Prioridade dos vagões carregados p/ <i>outbound</i> :	nível 2
• Distância real da linha interior da fábrica:	
de A até B:	1100 metros
de A até C (sem passar por B):	1300 metros
de A até D (sem passar por B):	1700 metros
de A até E (sem passar por B):	1500 metros
de B até C:	500 metros
de B até D:	700 metros
de B até E:	900 metros
• Velocidade da locomotiva carregada:	3,5 Km/hr
• Velocidade da locomotiva s/ tracionar:	4,0 Km/hr
• <i>Layout</i> real da fábrica em Auto CAD	
• Tempo de carregamento (equipamento especial):	30 min/vg
• Tempos de descarregamento (equipamento especial):	15 min/vg
• Capacidade do equipamento de tração (proposta USINOR):	2 vagões
• Capacidade da locomotiva dedicada:	12 vagões
• Número de vagões a serem descarregados (ponto C):	48 v/dia
• Número de vagões a serem carregados (ponto D):	28 vg/dia
• Número de vagões a serem carregados (ponto E):	11 vg/dia

4.3.3 Simulação

A simulação anterior apresentava uma figuração chamada “*Factory Discharge*”. Nesta simulação, este processo que aparecia sem detalhes, onde o modelo computava apenas um tempo total de processo, aparece neste modelo de forma aberta. O que antes era um tempo parado, agora passa a ser a máquina tracionando vagões carregados do pátio externo (ponto A) para o interior da fábrica (ponto D)



Foram criados alguns indicadores para mensurar a operação e possibilitar a comparação entre os cenários. São eles:

- **Atividade nos pontos de operação:** este indicador é dinâmico e está na própria tela de simulação (*points of process*) e possibilita ao usuário visualizar se determinado ponto está operando no momento (cor verde) ou se está ocioso (cor azul).

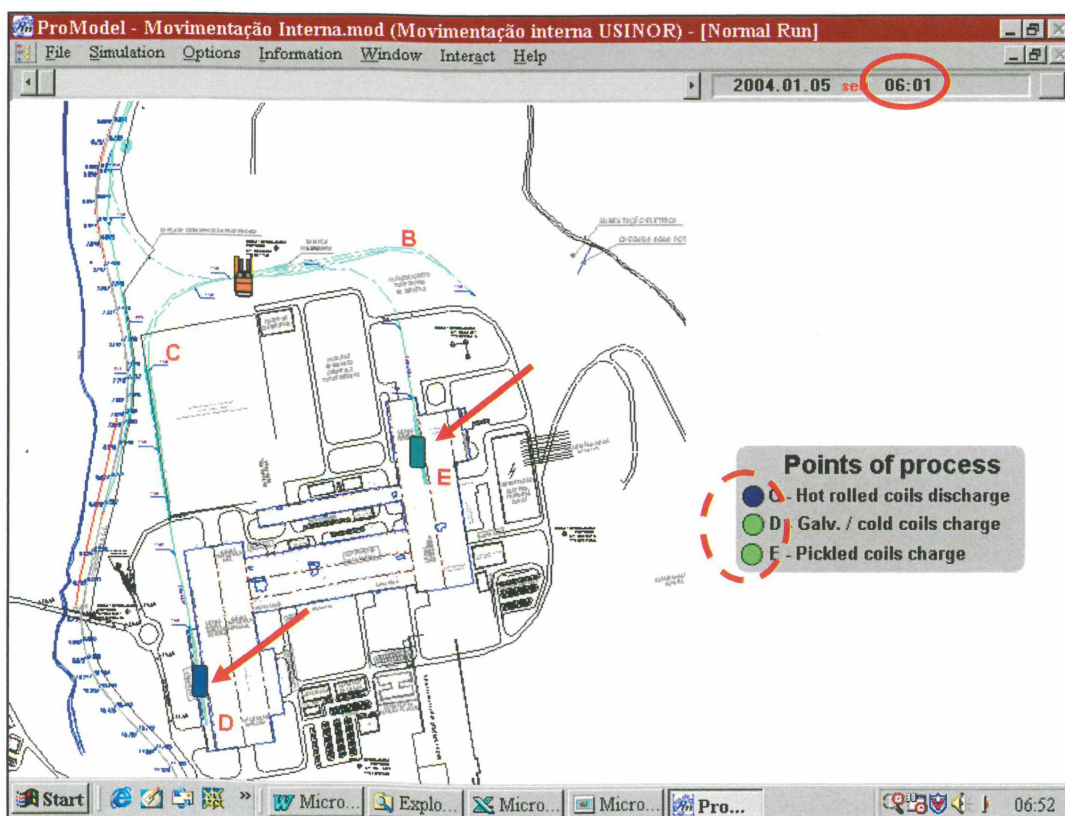
- **Utilização dos pontos de operação:** totaliza qual o percentual do tempo simulado cada ponto de operação ficou operando, ocioso ou bloqueado aguardando a disponibilidade da locomotiva.

- **Taxa de utilização do equipamento/locomotiva:** mostra se está sendo sub-utilizado ou se está além do aceitável.

- **Índice de deslocamento interno:** foram colocados “sensores virtuais” em cada ponto de operação (A,B,C,D e E) que registram cada passagem por eles. Assim é possível dizer se há uma movimentação maior ou menor da máquina para executar o mesmo volume demandado, e conseqüentemente qual o cenário que diminui o consumo de combustível e o desgaste da linha.

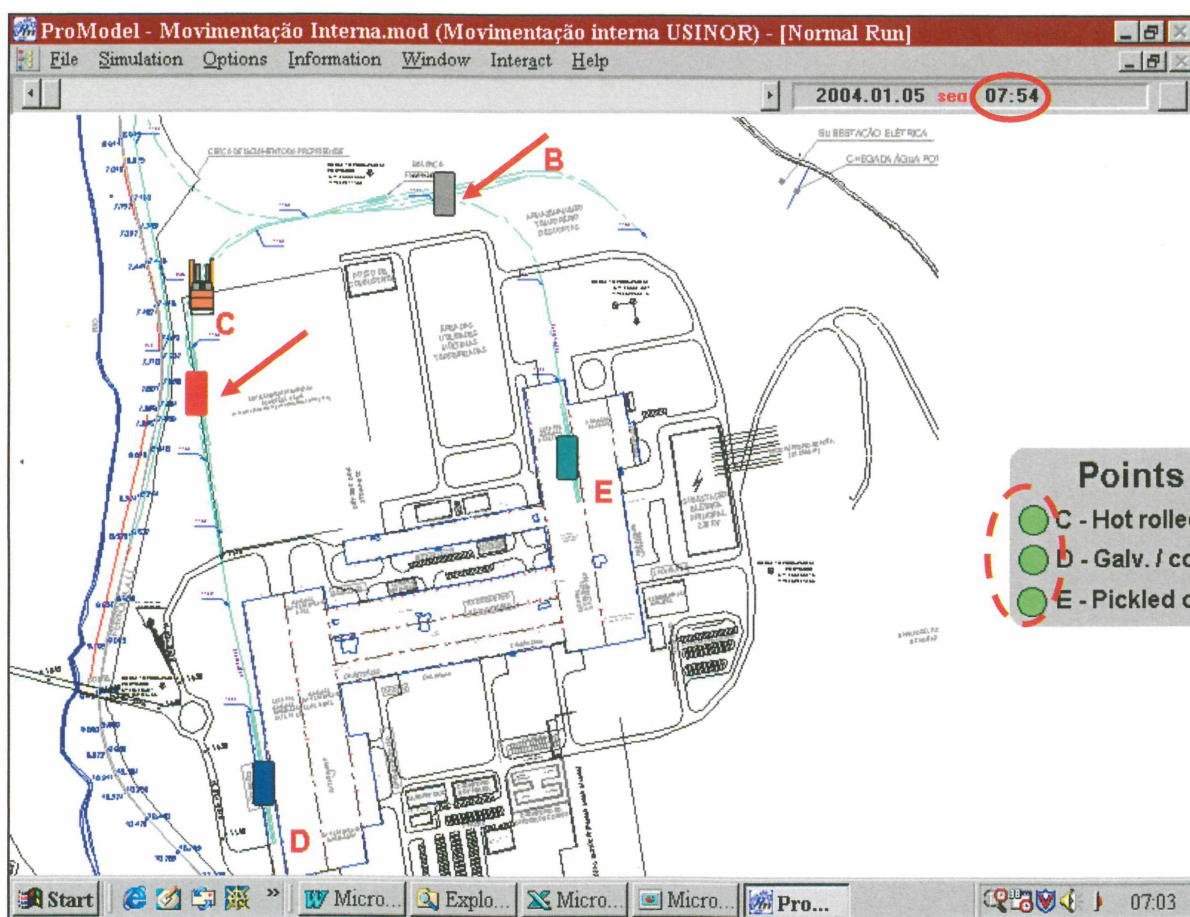
- **Tempo de simulação (*simulation time*):** mostra quanto tempo o sistema logístico proposto precisou para processar determinado volume de operação.

Neste modelo uma composição de vagões é representada por uma figura retangular. A diferenciação de um cenário para outro está na quantidade de composições que devem ser processadas, hora são de dois vagões, hora terão um número maior de vagões.



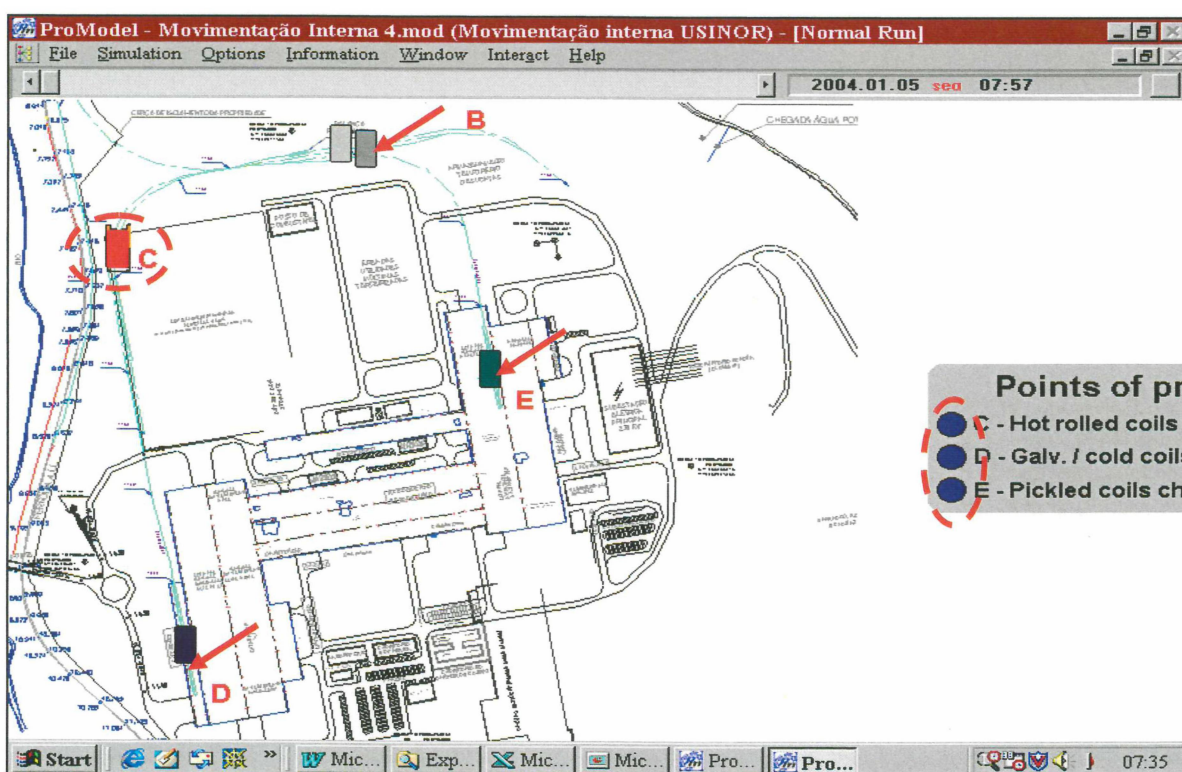
A operação de carregamento começa às 6 hrs nos pontos D e E. O equipamento aguarda próximo ao pátio de triagem interno (ponto B)

O processo de *inbound* começa no porto também às 6 h, mas o primeiro carregamento só chega à fábrica após as 7 h, devido ao percurso entre a fábrica e o porto. Este tempo ocioso entre o término de alguma operação e início de outra é aproveitado para a máquina ir ao pátio externo (ponto A) e trazer uma composição de vagões vazios, que aguardará no pátio interno (ponto B) até o término de algum descarregamento.



Por volta de 7 h e 40 min a máquina desacopla uma composição de vagões carregados no ponto C e inicia o descarregamento das bobinas. Agora os três pontos (C, D e E) estão em operação. Há uma composição de vagões vazios no ponto B aguardando para ser carregada.

Como havia sido modelado, as prioridades de movimentação provocariam alguns efeitos na operação, determinando maiores esperas pela máquina do que a Usinor tinha planejado. Pode acontecer até de não haver nenhuma composição nos dois pontos de carregamento e a máquina estar ocupada tracionando vagões vazios do processo de *inbound*. Estes detalhes tem o impacto amplificado quando simulamos uma número maior de composições, uma vez que a máquina passa a ser disputada pelos fluxos mais vezes.

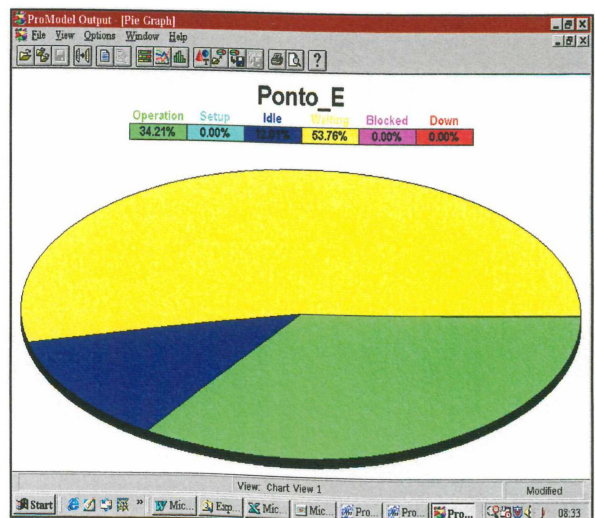
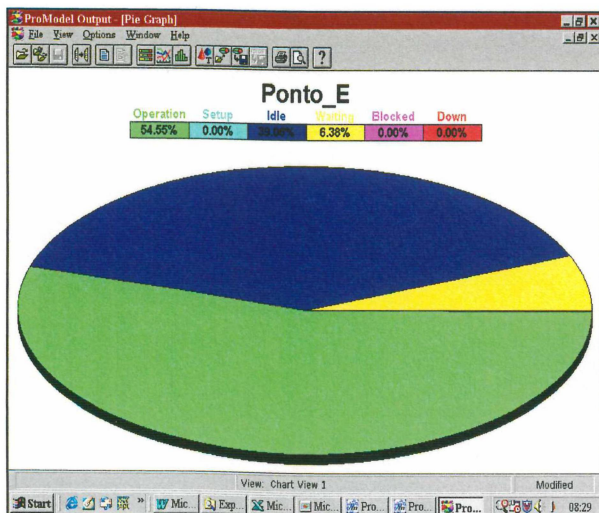
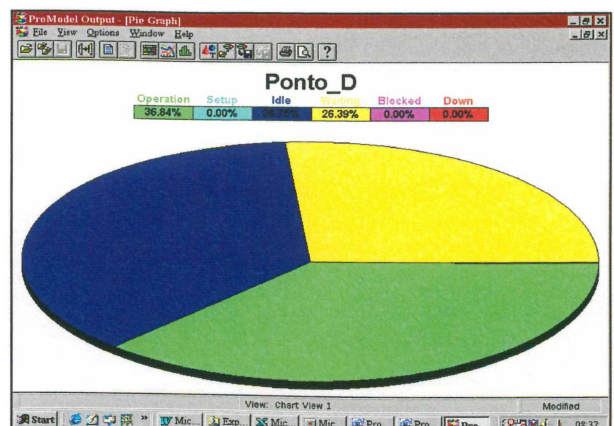
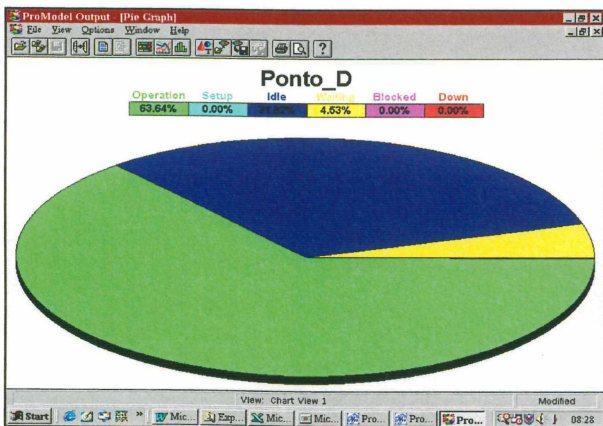
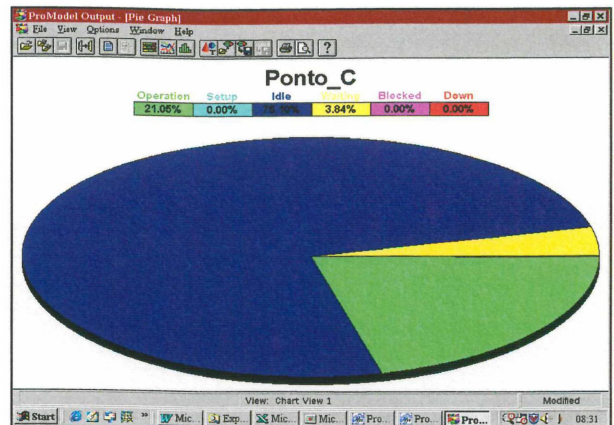
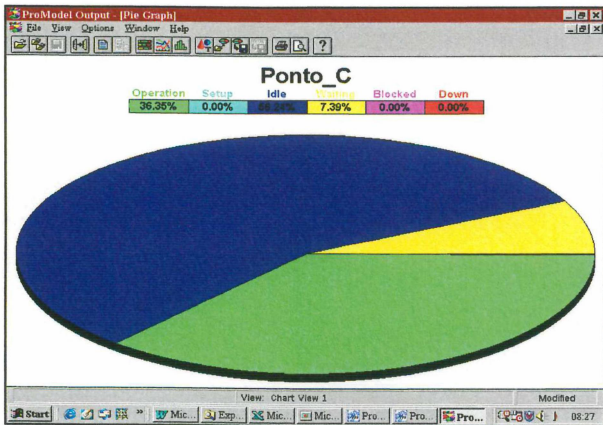


Enquanto a máquina está deixando vagões carregados no ponto C de descarga, os pontos D e E estão ociosos, com composições já carregadas esperando a máquina e mais duas composições de vagões vazios aguardam para carregar nos pontos D e E.

Foram simulados então os dois cenários propostos. O cenário 1 onde a máquina teria capacidade para tracionar apenas dois vagões e o cenário 2 com a capacidade da locomotiva, chegando a tracionar até doze vagões ao mesmo tempo. Os indicadores criados na modelagem para medir o sistema seguem abaixo, em comparação dos dois cenários.

Indicador: Utilização dos pontos de operação

Cenário 1



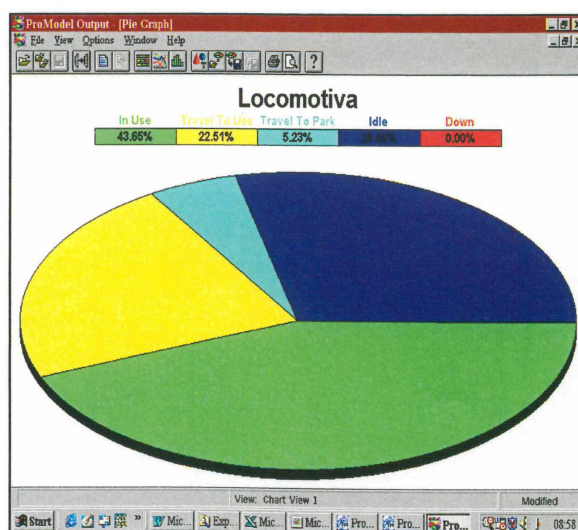
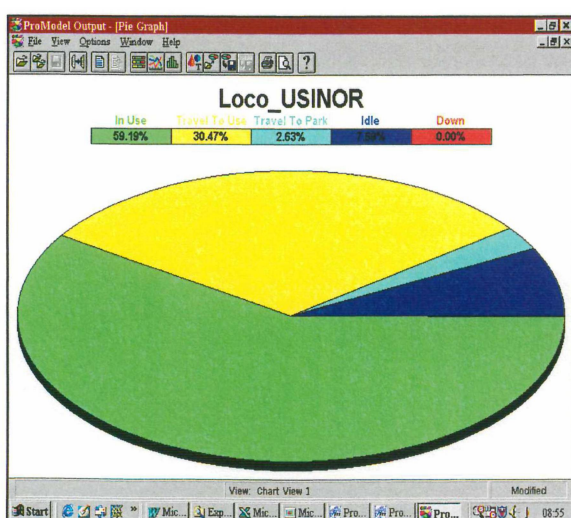
Do tempo total simulado, este indicador mostra qual porcentagem de tempo o ponto ficou operando, ocioso ou aguardando a disponibilização da máquina, conforme legenda abaixo:

Comparando os cenários fica claro que há uma perda grande no cenário um em relação ao cenário dois. O ponto C fica ocioso durante 76% do tempo no cenário um contra 56% no cenário dois. Já nos pontos D e E há uma diferença bastante elástica no tempo que o ponto fica bloqueado à espera da disponibilização da máquina: 26% contra 4 % no ponto D e 53% contra 8% no ponto E. Dessa forma o cenário dois, sugerido pela ALL tem melhor aproveitamento da operação.

Indicador: Taxa de utilização do equipamento/ ocomotiva

Conforme dito anteriormente este indicador mostra qual o percentual de utilização da máquina e qual o percentual de seu tempo gasto em locomoção sem tracionar nenhum vagão.

No cenário dois, a máquina passa 22% do seu tempo se locomovendo sem tracionar nenhum vagão, melhor do que o cenário um (30 %). E tem uma taxa de ociosidade aceitável (28%), que não super-utiliza o equipamento. Já no cenário um a máquina opera sobrecarregada, durante 92% do período simulado.



Tracionando

Ociosa

Locomoção sem tração

Indicador: Tempo de simulação

Para processar o mesmo volume de bobinas (*inbound + outbound*) cada cenário necessita de um tempo, em horas, total que serve para indicar se haveria algum impacto no custo fixo da Usinor. Quantos turnos de operação serão necessários? O tempo resultante inviabiliza a operação?

Cenário 1

General Report
Output from C:\My Documents\Rodrigo Cintra\Projetos\Usinor\Simulação\Movimentação Inter
Date: Jan/13/2002 Time: 11:26:21 AM

Scenario : Normal Run
Replication : 1 of 1
Simulation Time : 38 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Hours Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	%
Ponto A	38	100	40	5.38	5.66	12	0	
Ponto B	38	10	14	2.69	0.99	3	0	
Ponto B AUX	38	2	13	1.73	0.59	2	0	
Ponto B AUX2	38	2	5	9.31	1.22	2	1	
Ponto C	38	1	4	2.36	0.24	1	0	
Ponto D	38	1	14	1.71	0.63	1	0	
Ponto E	38	1	5	6.68	0.87	1	1	

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

View: Chart View 1 Modified

Cenário 2

General Report
Output from C:\My Documents\Rodrigo Cintra\Projetos\Usinor\Simulação\Movimentação Inter
Date: Jan/13/2002 Time: 11:32:56 AM

Scenario : Normal Run
Replication : 1 of 1
Simulation Time : 22 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Hours Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	%
Ponto A	22	100	18	3.03	2.48	6	2	
Ponto B	22	10	4	3.28	0.59	2	0	
Ponto B AUX	22	1	3	3.30	0.45	1	0	
Ponto B AUX2	22	1	3	1.30	0.17	1	0	
Ponto C	22	1	4	2.40	0.43	1	0	
Ponto D	22	1	4	3.74	0.68	1	0	
Ponto E	22	1	4	3.35	0.60	1	0	

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

View: Chart View 1 Modified

O resultado do cenário um (38 h) já indicaria a sua inviabilidade, já que produção diária deveria no máximo ser processado em 24 h, e mesmo assim não haveria um margem de segurança confiável. O resultado do cenário dois confirma a validade do sistema proposto pela ALL, dessa forma, seriam necessárias 22 h para atender a toda movimentação interna demandada.

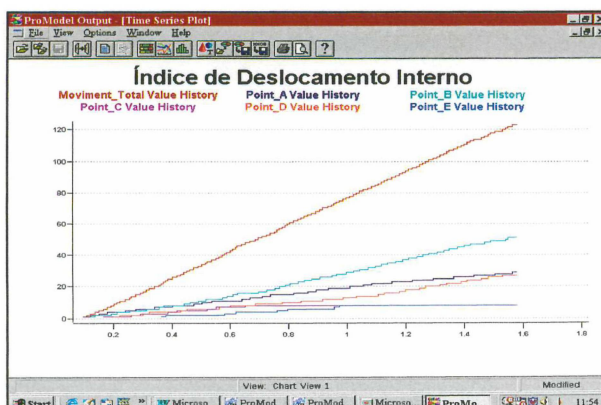
Índice de deslocamento interno

O objetivo da criação deste índice foi poder mensurar de alguma forma as mudanças provocadas pelos diferentes cenário simulados na movimentação interna total. O fato de aumentar ou diminuir o número de vezes que a máquina se desloca pela fábrica, significa variações no consumo de combustível, desgaste da máquina (custo de manutenção) e desgaste da linha (custo de manutenção).

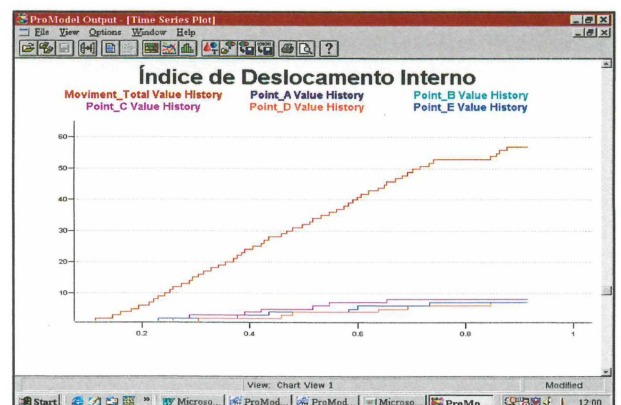
É possível também alterar os horários de funcionamento dos pontos de operação e encontrar uma combinação diferente, que diminua a frequência destes deslocamentos e conseqüentemente o tempo total de processamento.

Os gráficos mostram uma linha para cada ponto de operação e uma linha maior, que é a somatória da movimentação de todos os pontos. O cenário um teve o índice de Deslocamento Interno igual a 120, que comparado com o cenário dois é praticamente duas vezes maior (cenário dois = 57). Ou seja, apesar de estarmos comparando equipamentos diferentes, com taxas de consumo de combustível desgaste da linha diferentes, a diferença entre os cenários é tão elástica que podemos concluir a vantagem do cenário dois.

Cenário 1



Cenário 2



4.3.4 Resultados Práticos

Geração de receita para a ALL. Através do uso do simulador provamos para o cliente a necessidade da locação de uma locomotiva junto à ALL, baseado em argumentação concreta, sem margem para dúvidas ou questionamentos;

Economia da Usinor por não precisar investir em equipamento. O custo do equipamento que o cliente pretendia comprar para realizar a operação que mostramos não ter aplicação.

Envolvimento e participação do cliente. Antes de apontarmos o grau de complexidade desta decisão e a aderência da simulação na questão, havia ainda um pouco de desconforto por parte do cliente em relação às sugestões da ALL. Esta modelagem foi desenvolvida em parceria ativa com a Usinor, que percebeu a importância da decisão que deveria tomar e que não tinha condições de concluir sozinha.

4.4 MODELO: LINHA 5

4.4.1 Descrição do Problema

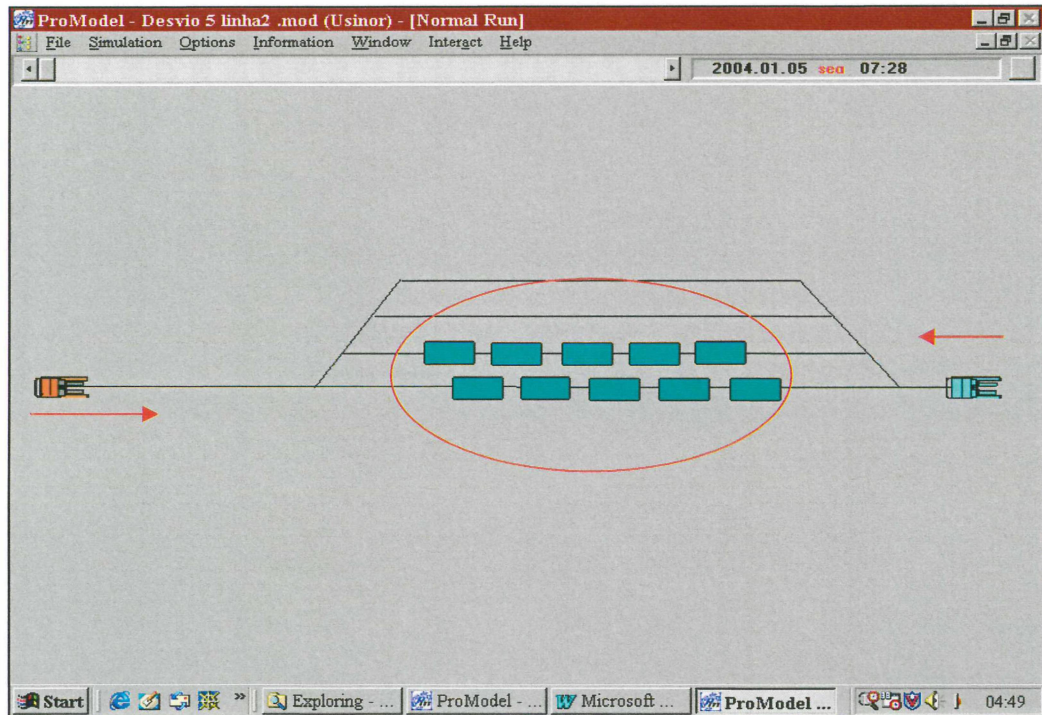
Ao analisarmos o processo de *inbound* e a movimentação interna da planta, surgiu uma nova dúvida: o pátio externo teria capacidade suficiente para a operação que ocorreria ali ??? O planejado era construir quatro linhas neste pátio, mas não seria necessário construir uma quinta linha ??? Imediatamente a Usinor levantou o custo de execução desta obra.

Novamente precisaríamos auxiliá-los a tomar uma decisão: construir ou não a quinta linha.

As primeiras análises indicavam a necessidade de construí-la, mas decidimos utilizar o simulador para visualizar as opções que poderíamos utilizar. O objetivo de modelo era mais voltado à visualização das idéias, um tanto difíceis de

compreender, especialmente para o cliente que não tem conhecimento profundo de operações ferroviárias.

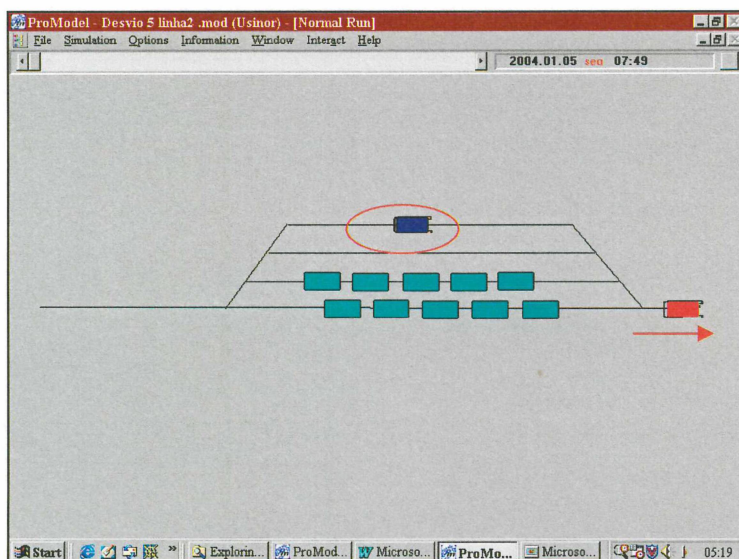
Imaginamos então qual seria o pior cenário possível:



As duas linhas destinadas para o *outbound* ocupadas por vagões carregados e apenas duas linhas para receber duas locomotivas tracionando vagões do *inbound*. A locomotiva que vem do porto (cor laranja) deve deixar a composição de vagões cheios no pátio e apanhar uma composição de vagões vazios (deixados pela locomotiva da fábrica) para levar ao porto. Por outro lado, a locomotiva que vem da fábrica deve deixar uma composição de vagões vazios no pátio e tracionar uma composição de vagões cheios (tracionados pela locomotiva do porto) para abastecer a planta. Na verdade, as locomotivas trocam de composições, no interior do pátio externo.

Deveríamos ainda levar em consideração a posição que as locomotivas deveriam engatar nas composições, devido à posição de encoste nas linhas de

Então a locomotiva azul desengata a composição de vagões vazios na última linha e engata na composição vermelha que estava na linha do porto.



Traciona a composição carregada (vermelha) pela penúltima linha enquanto a locomotiva da fábrica (laranja) engata a composição vazia (azul escuro) e segue para o porto.

4.4.2 Resultados Práticos

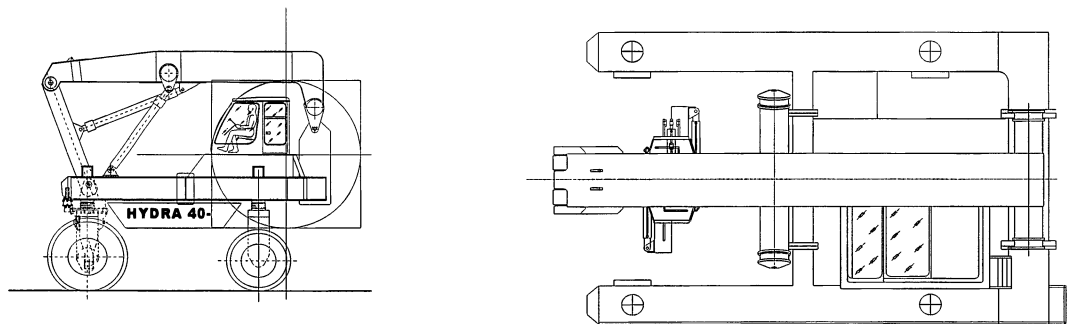
Economia. Não será preciso construir a linha 5 para descobrir que não seria necessária. Quatro linhas serão suficientes para operar o volume de *inbound* e de *outbound*.

Pleno entendimento do cliente sobre a sugestão proposta.

4.5 MODELO HYDRA (EQUIPAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS)

4.5.1 Descrição do Problema

Para realizar o descarregamento das bobinas (ponto C) e a movimentação das mesmas dentro do estoque, a Usinor encontrou uma solução no mercado que se adapta às características específicas de operação da nova planta. O equipamento chama-se Hydra , é uma espécie de trator capaz de manusear as bobinas de forma mais ágil e flexível, transitando pelos corredores do estoque e também sobre as bobinas estoques.



Em alguns estudos prévios da própria Usinor, a operação em S. Francisco do Sul demandaria de 4 ou 5 unidades deste equipamento.

Sendo assim, o impacto da produtividade deste descarregamento afeta em muito a ALL. No modelo anterior “Movimentação Interna” mostramos o ponto C tendo prioridade máxima sobre os outros pontos de operação quando concorrendo pela disponibilidade da locomotiva, e sempre obedecendo horários precisos de encoste dos vagões, já que estariam vinculados ao carregamento no porto. Este equipamento deve efetuar o descarregamento de uma composição de vagões em aproximadamente 2 horas.

Há ainda a preocupação com a alimentação da linha de produção, que seria também realizada com a Hydra.

Pergunta-se:

Quantas unidades da Hydra devem ser compradas pela Usinor para realizar:

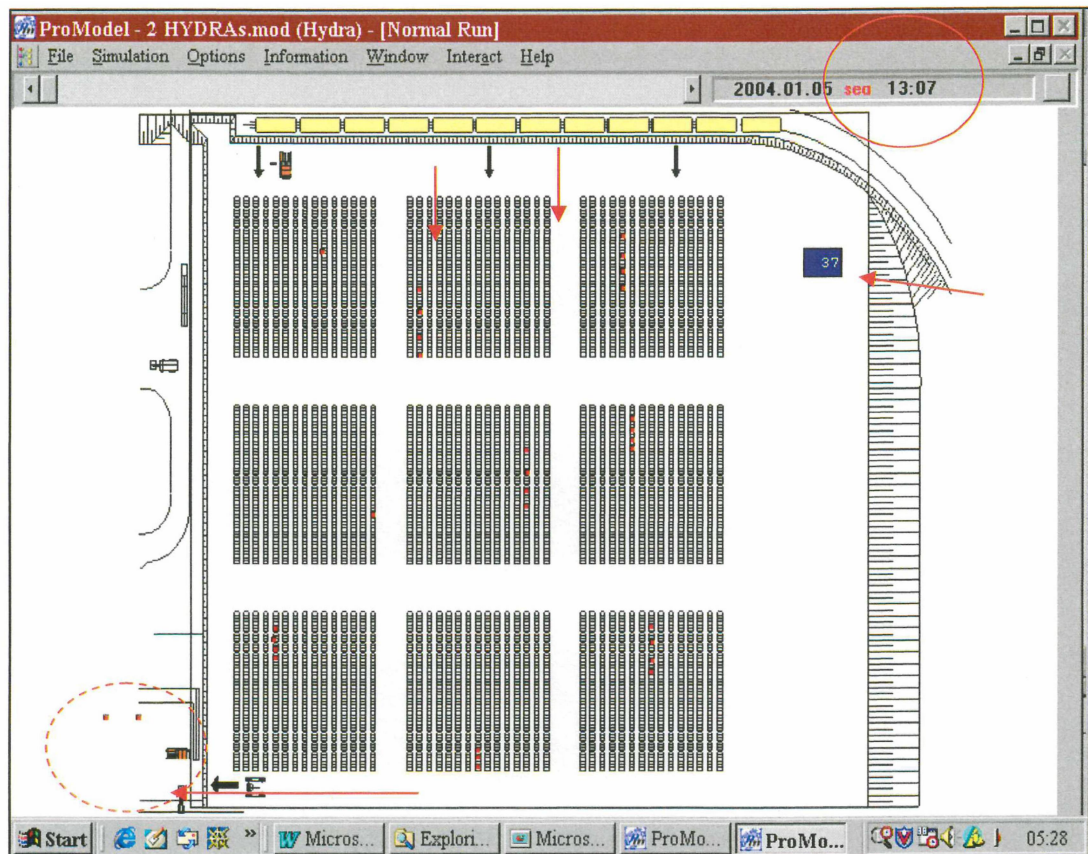
- Descarregamento de vagões;
- Estocagem das bobinas;
- Abastecimento das linhas de produção.

4.5.2 Premissas Utilizadas

• Recebimento de composições p/ descarga:	4/dia
• Número de bobinas por composição:	37 bobinas
• Planta do estoque de bobinas em Auto CAD:	
• Dimensões reais do depósito onde funcionará as estocagem:	
• Velocidade média da Hydra nos corredores (carregada):	180 m / min
• Velocidade média da Hydra nos corredores (vazia):	65 m / min
• Velocidade média da Hydra sobre bobinas (carregada):	36 m / min
• Velocidade média da Hydra sobre bobinas (vazia):	36 m / min
• Tempo de <i>picking</i> (apanhar a bobina):	2 min
• Tempo de depósito (soltar a bobina):	2 min
• Estoque de bobinas na linha de produção:	7 bobinas
• Velocidade de consumo da produção:	6 bobinas / hr

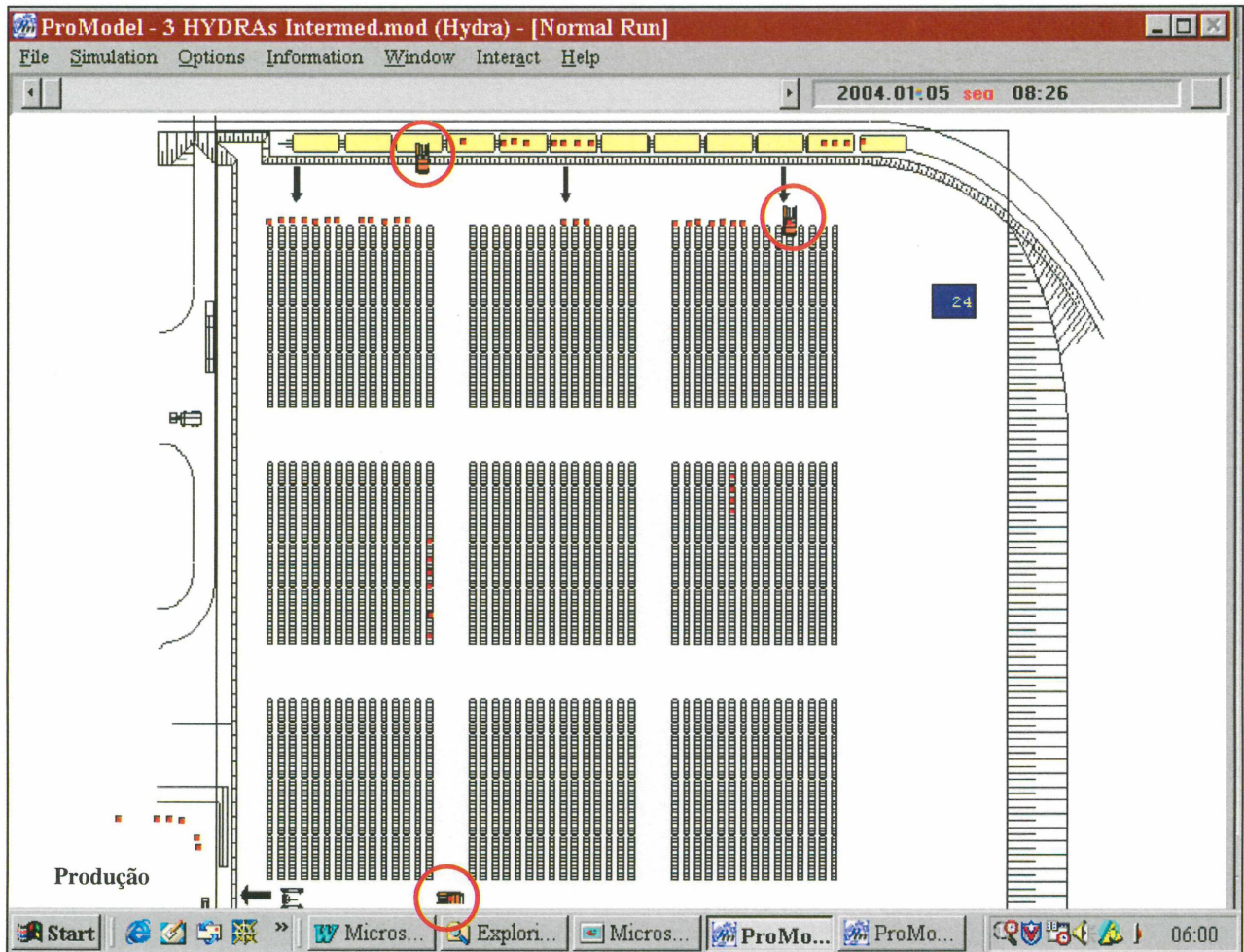
4.5.3 Simulação

O primeiro cenário testado foi construído considerando apenas duas unidades da Hydra. Uma fazendo o descarregamento e estocagem das bobinas e a Segunda fazendo o abastecimento da linha de produção. O resultado foi insuficiente para atender a demanda proposta.

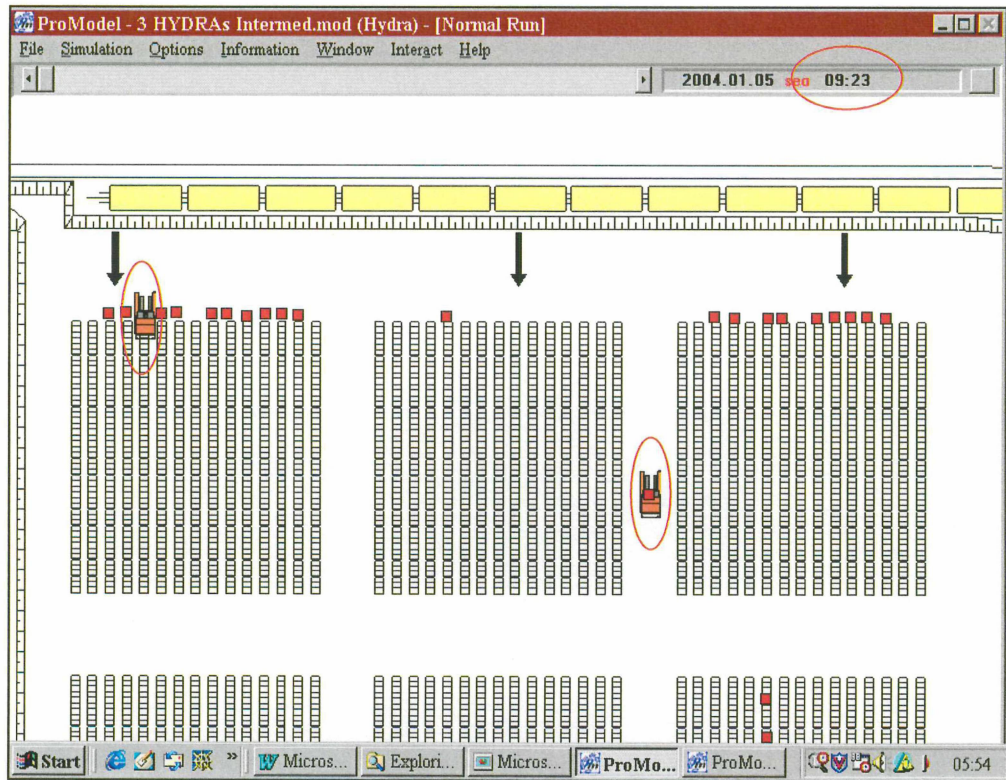


O volume total de bobinas termina de ser processado por volta das 13h, sendo que deveria ter sido processado até 9h e 30min

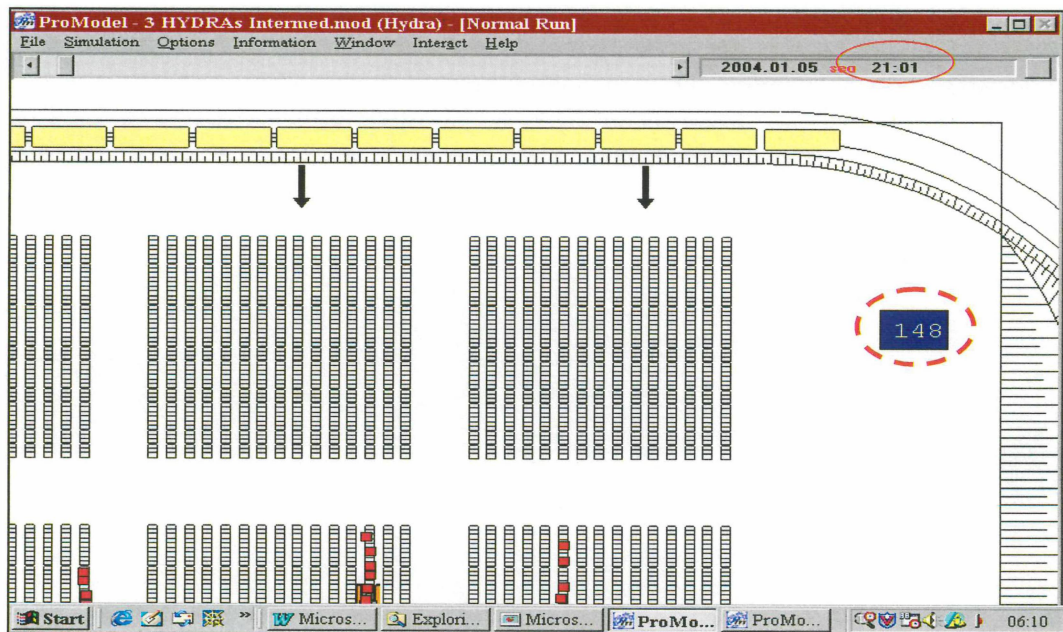
Após simular outras opções, inclusive com três e quatro unidades da hydra, imaginamos que formando um pequeno estoque transitório ao lado da linha, poderíamos realizar a estocagem das bobinas enquanto a locomotiva tracionasse a composição vazia para o porto e trouxesse uma nova composição com bobinas para ser descarregada.



Duas Hydras fazem o descarregamento simultaneamente dos vagões, deixando as bobinas próximas à linha. Diminuindo a distância a ser percorrida e aumentando mais uma Hydra, foi possível descarregar a composição inteira em duas horas, que seria o tempo aceitável. Uma terceira Hydra faz o abastecimento da linha de produção.



Às 9hr e 23min a composição já está vazia e pronta para ser tracionada. As duas Hydras estocam as bobinas descarregadas.



Por volta das 21hrs foram descarregadas e armazenadas 148 bobinas, atendendo ao volume demandado pela Usinor.

4.5.4 Resultado Prático

Economia da Usinor. Caso o cliente comprasse a quarta unidade da Hydra esta teria um alto nível de ociosidade. Com a simulação demonstramos qual a real necessidade da operação. A compra será então de três unidades.

5 CASE 2 – PROJETO BELGO ARBET

5.1 INTRODUÇÃO

A Belgo Arbed, antiga Belgo Mineira, enviou uma carta convite para a ALL participar de uma concorrência entre operadores logísticos, cujo objetivo seria terceirizar uma de suas operações. Tratava-se de uma nova fábrica na região de Guarulhos (SP) que seria também utilizada como centro de distribuição.

O operador logístico será responsável pelo recebimento de insumos para a produção de fábrica, recebimento de produtos acabados para distribuição, gerenciamento de estoques, abastecimento das linhas de produção e expedição de produtos acabados (produzidos na planta e recebidos de outras plantas).

Esta operação é estratégica para a ALL porque atualmente transportamos um volume muito baixo no fluxo Buenos Aires/São Paulo, e o operador que vencer a concorrência terá também a conta de transporte rodoviário. Estima-se que esta operação será responsável por quase 40% de toda a movimentação da Belgo no país.

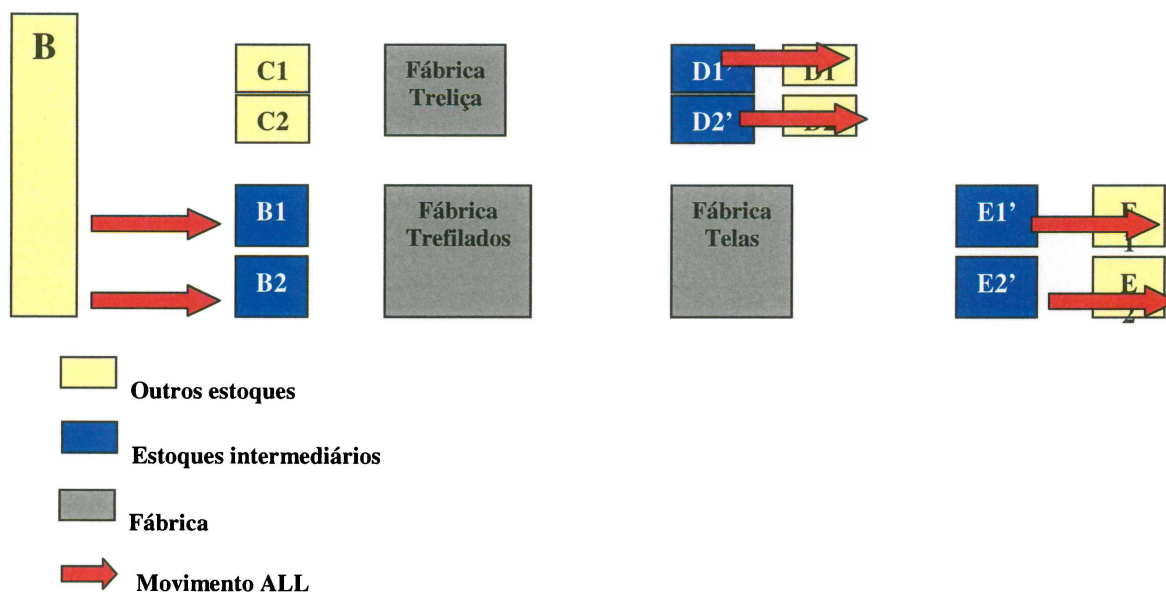
As primeiras análises indicaram que o maior custo desta operação interna é com a equipe de colaboradores que trabalhará no local. A própria Belgo fez um rápido estudo sobre a quantidade de pessoas necessárias, mas como eles mesmos observaram, o operador logístico é quem detém a técnica para chegar a um resultado mais confiável. Dessa forma a proposta comercial será baseada no número de pessoas envolvidas, já que esta conta representa aproximadamente 80% do custo total do operador.

Partindo de dados informados pelo cliente, realizamos duas simulações com o objetivo de dimensionar a equipe de trabalho em pontos críticos da operação, onde poderíamos obter ganhos e transformá-los em vantagem competitiva frente aos nossos concorrentes.

5.2 MODELO:ESTOQUES INTERMEDIÁRIOS

5.2.1 Descrição do Problema

O esquema abaixo mostra pequenos estoques dentro da fábrica que serão de responsabilidade de operador. Com exceção dos estoques B1 e B2, todos estão posicionados após a linha de produção e são alimentados pelo pessoal de produção da Belgo. Cabe ao operador transferir o produto destes pequenos estoques intermediários (1 dia de produção) para os estoques definitivos (anteriores à expedição).



Segundo o estudo preliminar realizado pelo cliente, trabalhando dois turnos diários, seriam necessários por turno de trabalho:

B1 / B2	- 2 pessoas
D1'/D2'	- 2 pessoas
E1'	- 2 pessoas
<u>E2'</u>	- 2 pessoas
TOTAL	- 8 pessoas

Pergunta-se:

- Este dimensionamento é suficiente? Está super-dimensionado ou sub-dimensionado?
- Qual seria o número ideal de colaboradores ?

5.2.2 Premissas Utilizadas

Volumes a serem movimentados

De B para B1 / B2:	47 bobinas (2 ton cada)
De D1' / D2' para D1 / D2:	10 pacotes (5 ton cada)
De E1' / E2' para E1 / E2:	74 pacotes (1 ton cada)

Capacidade de elevação das pontes rolantes	5 toneladas
--	-------------

Velocidade das pontes rolantes

No sentido paralelo:	30 m / min
No sentido transversal:	15 m / min

Tempo de <i>picking</i> (elevação) da ponte rolante	30 segundos
---	-------------

Tempo de depósito de ponte rolante	100 segundos
------------------------------------	--------------

Dimensões dos estoques reais (largura/comprimento)

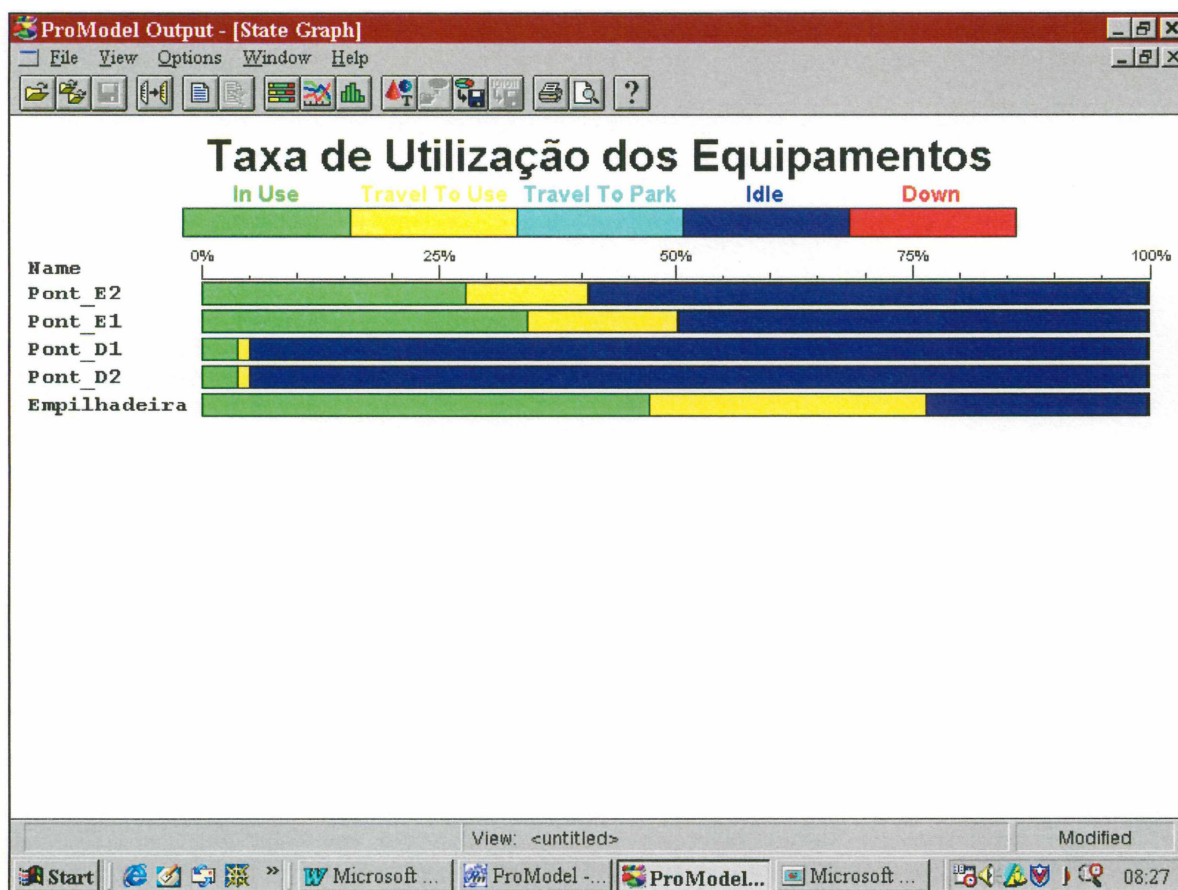
Capacidade dos estoques (em dias)

B1 / B2	2 dias
D1' / D2'	1 dia
E1' / E2'	1 dia

5.2.3 Simulação

A lógica do modelo é bastante simples, colocamos todo o volume a ser movimentado no local de origem, inserimos as capacidades dos equipamento e deixamos o simulador apontar quanto tempo seria necessário para processar os volumes totais. Na primeira simulação já foi indicado uma alta taxa de ociosidade dos operadores de ponte rolante caso trabalhassem ao mesmo tempo, ou seja, teríamos 8 operadores trabalhando por volta de 3 horas cada um, em cada turno.

Cenário 1



Os gráficos mostram a utilização das quatro pontes rolantes e da empilhadeira. A cor azul indica OCIOSIDADE do equipamento em apenas um turno.

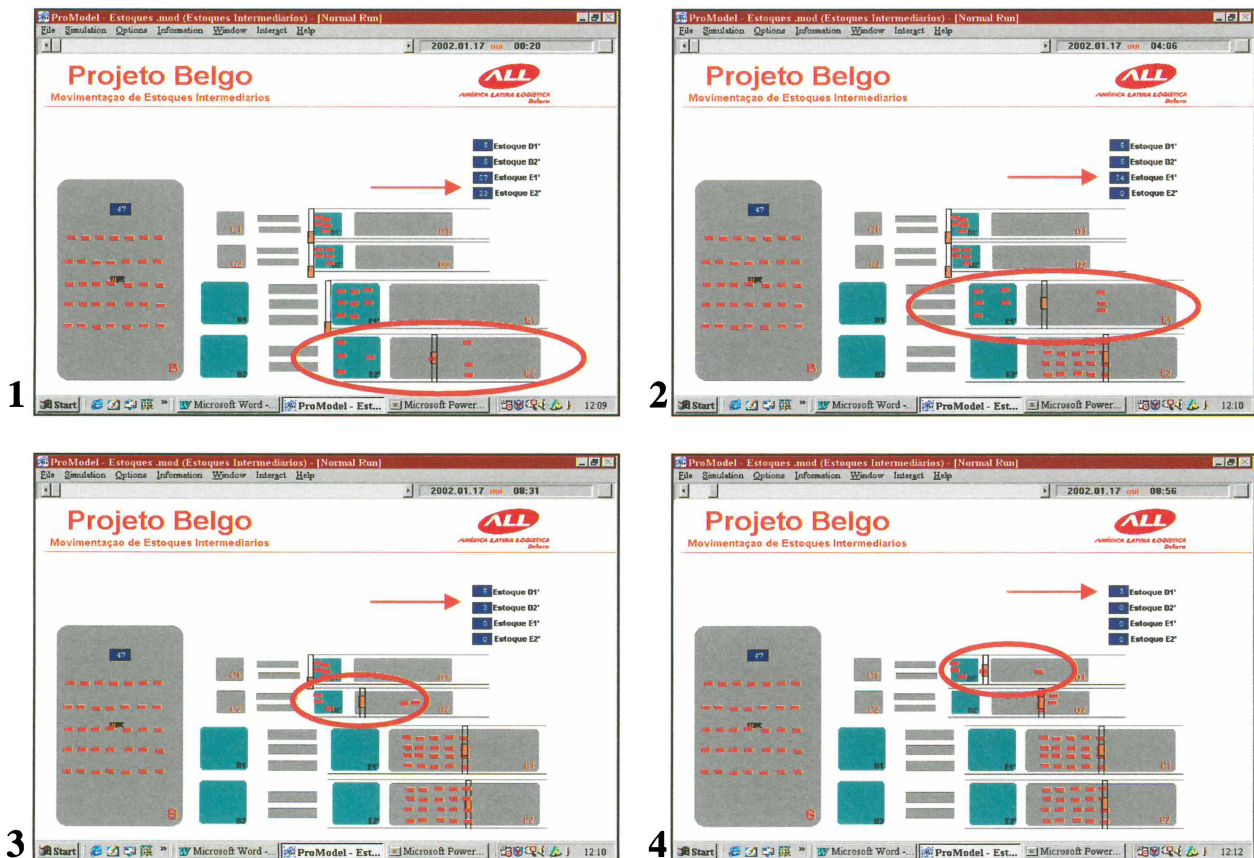
No caso simulado, todo o volume demandado pela Belgo num só dia seria processado em apenas um turno, indicando que a equipe estava superdimensionada.

Assim veio à tona a seguinte questão: por que não utilizar apenas uma equipe de duas pessoas, operando um ponto de cada vez ?

O cenário 2 considera então que apenas duas pessoas trabalharão por turno, e serão responsáveis por todos os estoques intermediários. Como estes estoques tem capacidade para armazenar 1 dia de produção, se estas duas equipes os “esvaziarem” uma vez ao dia, este trabalho só será necessário novamente no dia seguinte.

O modelo que segue considera então um equipe só por turno (em dois turnos) trabalhando dedicadas a um estoque de cada vez.

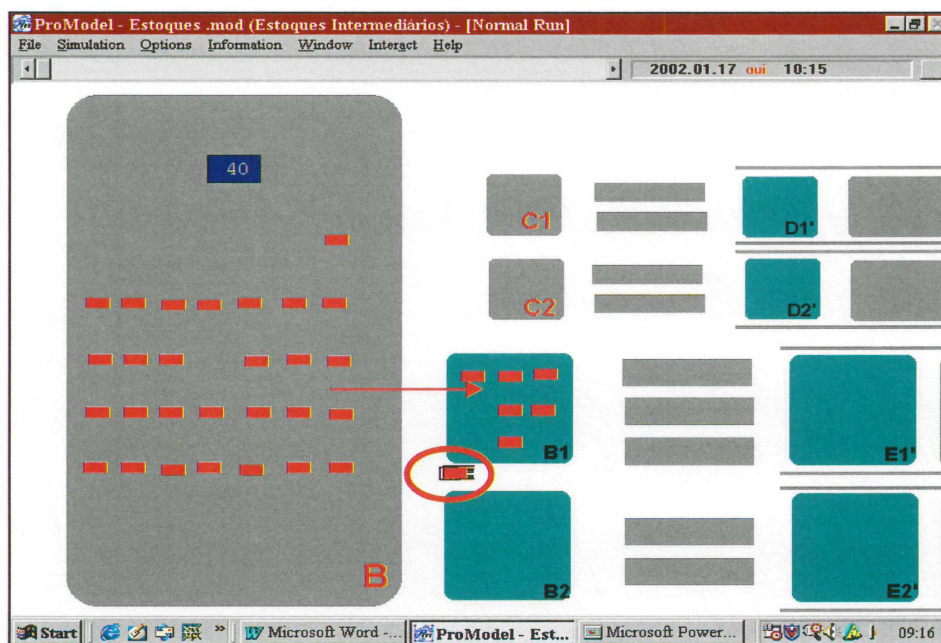
Cenário 2



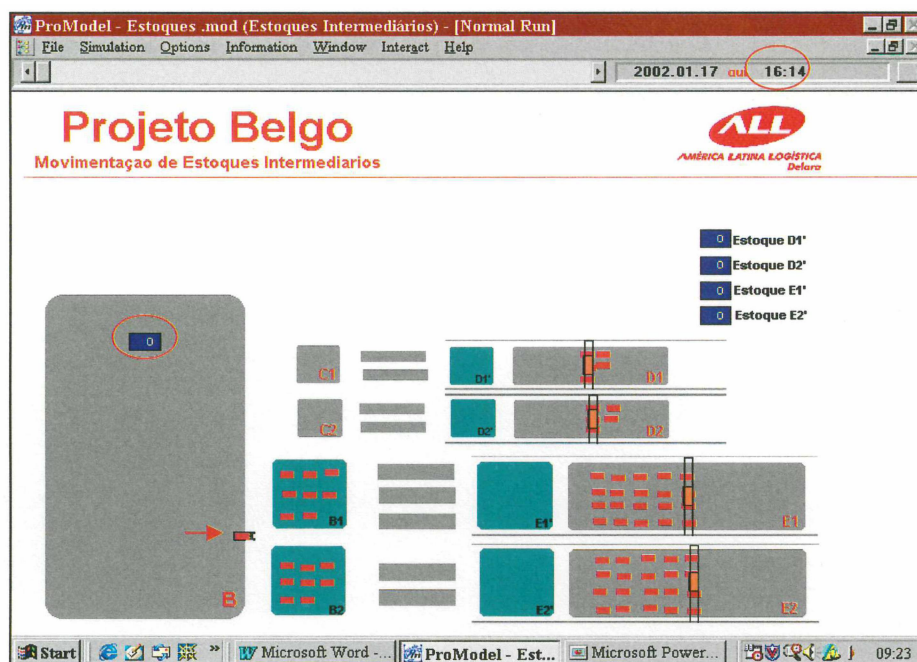
A figura 1 mostra o início da operação. A equipe começa a transferir o estoque (E2'), enquanto os outros pontos de estocagem se mantêm sem nenhuma alteração.

Quatro horas mais tarde, a transferência do estoque E2' termina e a equipe começa a transferência do estoque E1'. A seqüência se repete para as figuras 3 e 4. Aproximadamente nove horas após o início da operação os estoques E1', E2', D1' e D2' já estão transferidos para os locais definitivos, onde aguardarão pela expedição. Foram realizadas 84 movimentações com as pontes rolantes.

Neste momento começa a transferência do estoque B para os estoques B1 e B2. Esta movimentação será realizada por uma empilhadeira, uma vez que a estrutura B será localizada fora da fábrica, numa estrutura dedicada apenas a armazenagem.



A figura acima mostra os estoques E1', E2', D1' e D2' vazios e a empilhadeira fazendo a transferência de B para B1.



A empilhadeira transporta a última bobina do estoque B para o estoque B2. Todos os estoques estão “zerados” como mostram os indicadores em azul.

Um pouco mais de dezesseis horas de trabalho foram precisas para processar todos o volume dos estoques intermediários de 1 dia de trabalho. Utilizando duas pessoas por turno, totalizando uma equipe dedicada a estes estoques de quatro pessoas em dois turnos de trabalho.

5.2.4 Resultados Práticos

A equipe ideal deve ser formada por 4 pessoas e não por 16 como sugerido pela Belgo. A simulação permitiu testarmos uma idéia e provarmos a sua funcionalidade, uma equipe por turno dedicada aos estoques intermediários é suficiente para o volume diário da Belgo.

O custo da operação ALL será menor do que o dos concorrentes. Este resultado permitirá à empresa formular uma proposta comercial mais “enxuta” do que os concorrentes, uma vez que estará baseada numa equipe de operação menor, ajustada às necessidades reais da operação e não ao direcionamento dado pela própria Belgo.

5.3 MODELO: ABASTECIMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO

5.3.1 Descrição do Problema

Faz parte do escopo do projeto alimentar as linhas de produção da nova fábrica. Segundo foi informado pela empresa, as linhas funcionariam 24 horas por dia (3 turnos), e seria necessário dois **operadores dedicados** por turno para realizar este abastecimento.

São cinco linhas de produção abastecidas pelas bobinas vindas dos estoques B1 e B2 (já discutidos no modelo anterior). Cada linha de produção tem capacidade de processar uma bobina por vez, mas é possível deixar uma segunda bobina ao lado da máquina aguardando a primeira ser consumida. Assim temos duas bobinas em cada máquina, uma em processo e outra à processar.

O operador logístico não pode deixar a linha parar por falta de bobinas na alimentação.

Pergunta-se:

- É necessário a ALL disponibilizar uma equipe dedicada para realizar esta função ?
- Qual seria a taxa de ociosidade destes operadores atuando apenas neste posto?
- Seria possível estes operadores absorverem outras funções dentro da fábrica?
- Quanto tempo haveria disponível para realizar estas outras funções?

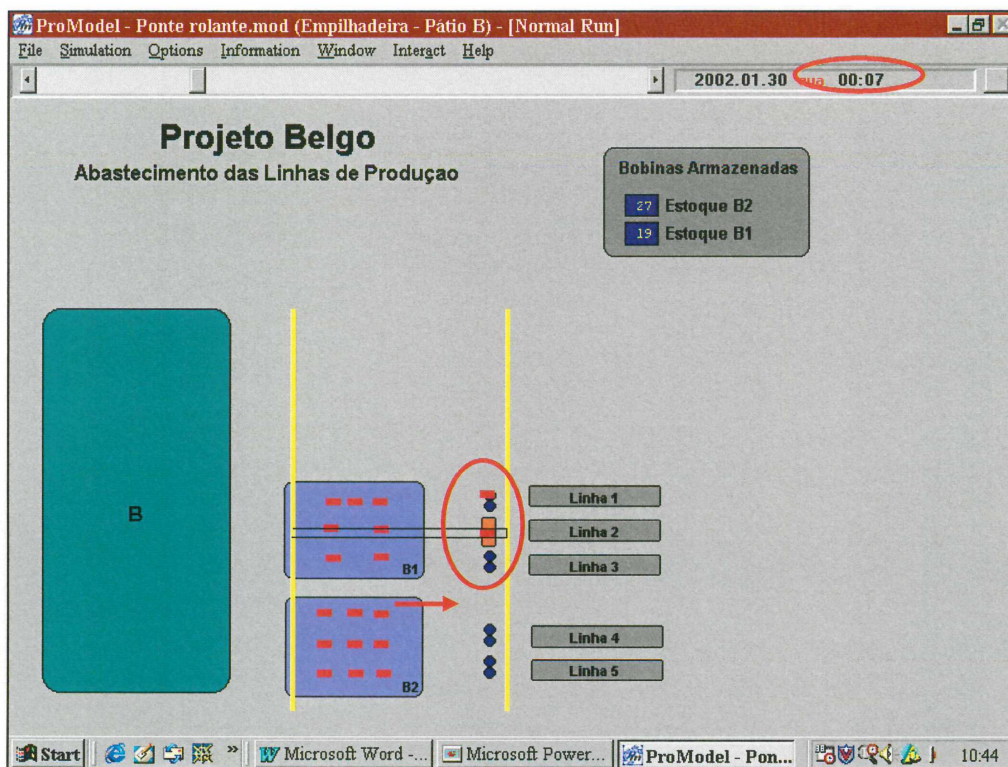
5.3.2 Premissas Utilizadas

Linhas de produção:	5 linhas
Bobinas posicionadas nas linhas:	10 linhas
Consumo da linha de produção:	1 bobina / 50 minutos

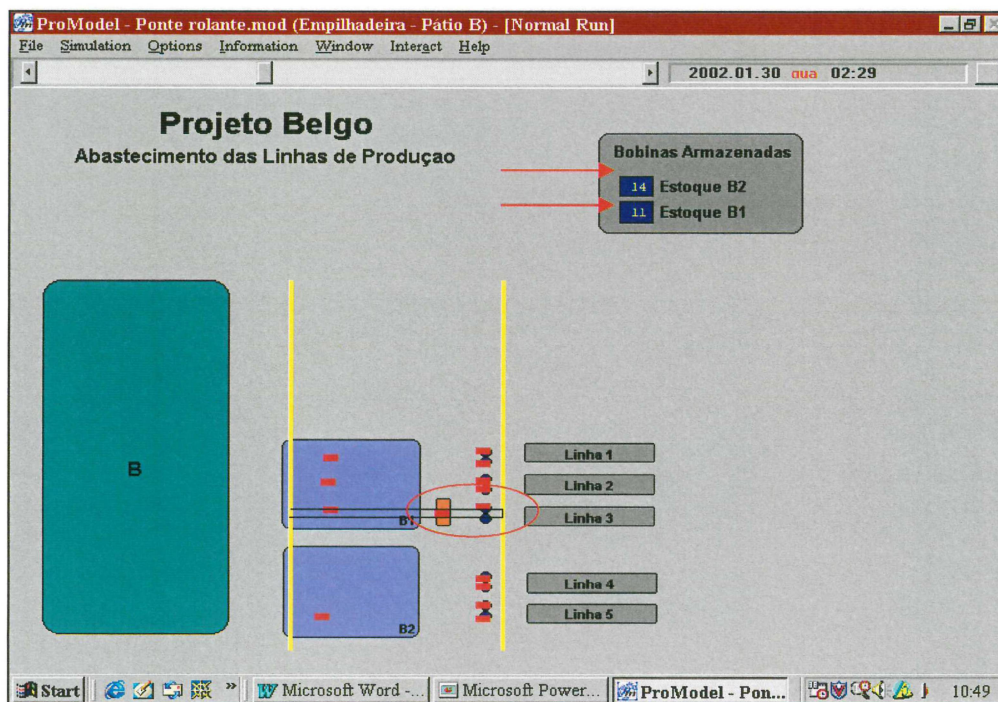
Capacidade de elevação das pontes rolantes	5 toneladas
Velocidade das pontes rolantes	
No sentido paralelo:	30 m / min
No sentido transversal:	15 m / min
Tempo de <i>picking</i> (elevação) da ponte rolante	30 segundos
Tempo de depósito de ponte rolante	100 segundos
Dimensões dos estoques reais (largura/comprimento)	
Volume total a ser movimentado:	48 bobinas
Volume no estoque B1	19 bobinas
Volume no estoque B2	29 bobinas

5.3.3 Simulação

Este modelo segue a mesma linha de raciocínio do modelo anterior. Temos um volume total nos estoques B1 e B2 que deve ser colocado nas linhas de produção pela equipe de ALL, utilizando e a ponte rolante disponibilizada pela Belgo. Inserimos no simulador as capacidades do equipamento, as distâncias a serem percorridas e o tempo de consumo das bobinas pela linha produção.

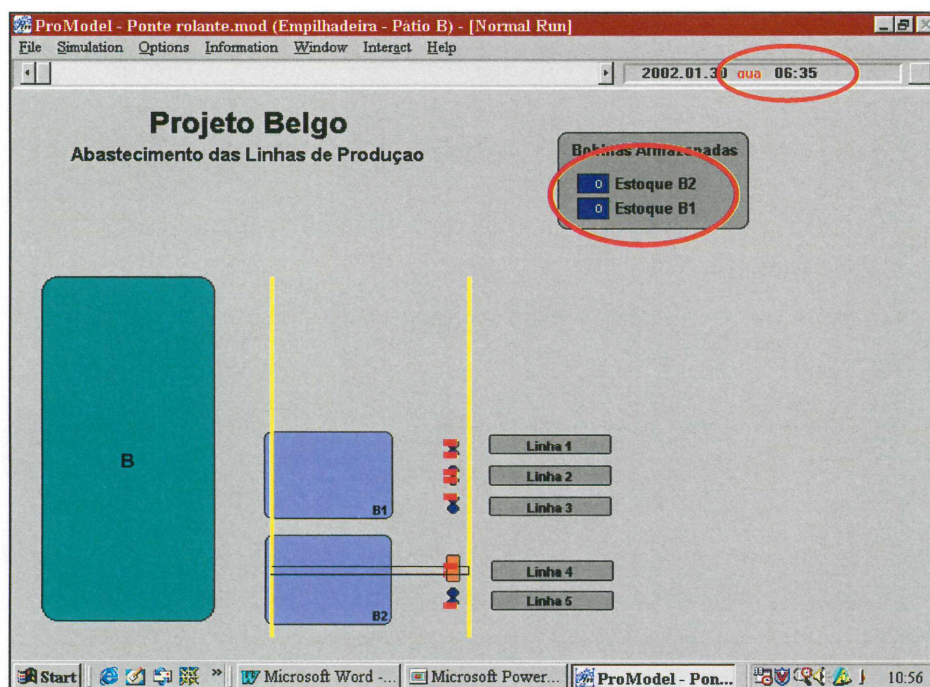


A ponte rolante operada pela ALL começa a abastecer as linhas de produção da Belgo, à partir dos estoques B1 e B2.



Uma posição fica vaga na linha 3 e é imediatamente abastecida pela ALL. Os estoques vão sendo consumidos.

Terminada a simulação, o resultado é surpreendente. Todo o volume estimado pela Belgo é consumido pelas linhas de produção em apenas um turno de trabalho.

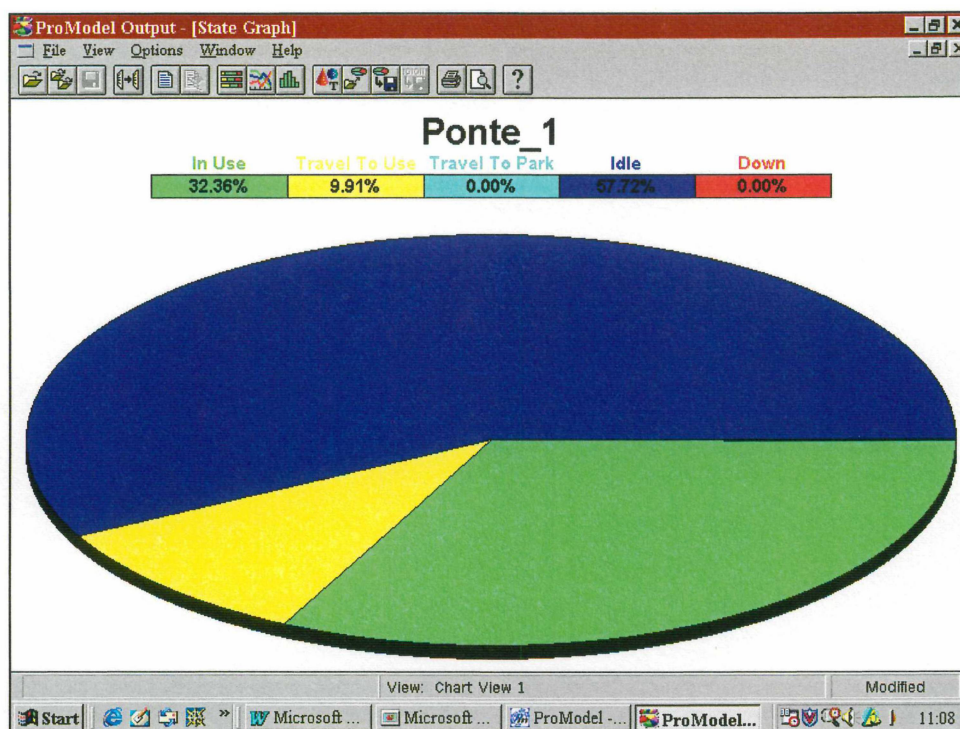


Todo o volume dos estoques B1 e B2 é consumido pelas linhas de produção em 6h e 30min, tempo menor que um turno de operação.

Imediatamente checamos os números imputados no simulador, especificações da ponte, velocidade de produção e todos os fatores que pudessem influenciar o resultado da simulação. Tudo o que estávamos considerando estava correto. Entramos em contato com o responsável pela produção da Belgo e refizemos os cálculos conjuntamente, mas não havia nenhum erro no modelo.

Acordamos então que deveríamos considerar apenas 2 turnos de produção no primeiro ano de contrato, mesmo o simulador indicando apenas 1. Dessa forma nos certificamos que qualquer problema com a produção não teria impacto direto no operador logístico.

Segue a taxa de ociosidade da equipe de trabalho dedicada apenas ao abastecimento:



As cores verde e amarelo indicam por quanto tempo a equipe esteve operando a ponte rolante. A cor azul mostra por quanto tempo a equipe esteve ociosa, aguardando a linha de produção consumir as bobinas.

E o gráfico acima considera apenas o trabalho de um turno de operação. Ao analisarmos dois turnos de produção, a taxa de ociosidade da equipe fica ainda maior.

5.3.4 Resultados Práticos

Esta operação não comporta uma equipe dedicada em 3 turnos de operação. Conforme demonstrado houve um erro no dimensionamento da produção

da Belgo, dois turnos de operação processam o volume total com uma margem de segurança bastante elástica.

Os operadores responsáveis pelo abastecimento das linhas de produção podem ser envolvidos em outras atividades. Absorvendo outras atividade o custo da equipe ALL no local diminuirá. Conforme já comentado anteriormente a proposta comercial será baseada nestas conclusões, logo os resultados obtidos neste modelo são transformados diretamente em vantagem competitiva perante os concorrentes.

6 CASE 3 – FROTA DE VAGÕES TANQUES PARA COMBUSTÍVEIS CLAROS

6.1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste modelo é demonstrar a aplicação da simulação em questões internas da operação da ALL. Algumas das ações tomadas pelas Unidades de Negócios são dificultadas não só pela complexidade de quantificar os ganhos trazido por mudanças , quanto pela dificuldade de modificar estruturas preexistentes de certos clientes.

Neste caso, a opinião geral da empresa concorda que os ganhos são certos. Mas quantas operações de difícil análise poderiam ser estudadas dessa maneira?

Estudamos o fluxo de vagões tanques para combustíveis claros no fluxo Araucária/Guarapuava. Este fluxo pode apresentar um ciclo fechado, ou seja, poderíamos abstrair e imaginar que estamos trabalhando com uma frota dedicada a esta operação, fato que no mundo real não acontece, pois os vagões são compartilhados com outras operações. A diferença de vagões que sobraria poderia ser utilizada em novas operações que atualmente não são realizadas devido à falta de ativos. E se tratando dos fluxos de combustível, onde a margem média chega à 40%, os ganhos dessa mudança são expressivos.

O modelo foi desenvolvido com suporte da área de Planejamento e Controle da Produção (PCP).

6.2 MODELO:FROTA DE VAGÕES TANQUES

6.2.1 Descrição do Problema

Atualmente as bases de recebimento do combustível operam 6 dias por semana e em horários estabelecidos pelo cliente. Sabemos que esta estrutura de

funcionamento torna a operação ferroviária mais complexa, com ciclos irregulares, o que requer uma frota de vagões maior para realizar a operação.

O modelo deve testar a seguinte modificação:

- Operação de 7 dias / semana, ao invés de 6 dias / semana;
- Funcionamento da base das 4hrs até 15 h, ao invés do horário atual de 7h à 18 h.

Pergunta-se:

- Qual seria o impacto nos ciclos dos vagões se as bases passassem a operar em horários adaptados à necessidades operacionais da ALL?
- Quantos vagões seriam necessários para realizar esta operação?

6.2.2 Premissas Utilizadas

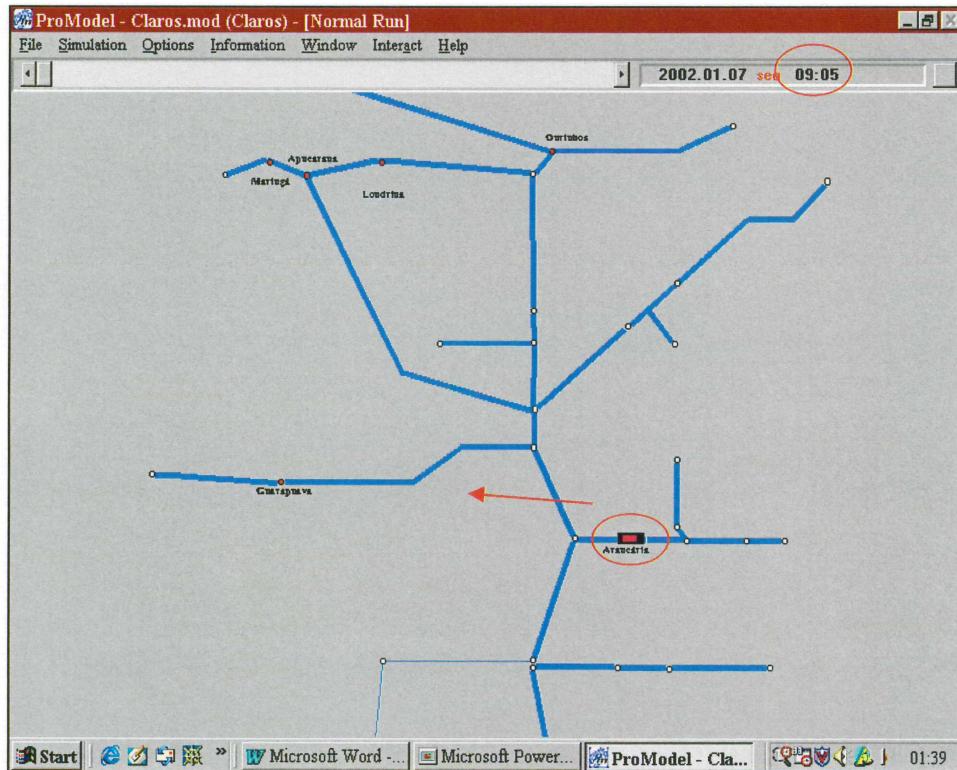
Origem:	Araucária
Destino:	Guarapuava
<i>Transit time:</i>	18 horas
Partida do trem:	9 hrs (D)
Chegada do trem:	3 hrs (D+1)
Horário de funcionamento da base:	das 4 hrs às 15 hrs
Vagões por composição:	25 vagões
Tempo de carregamento:	3 horas / composição
Tempo de descarga:	8 horas / composição

6.2.3 Simulação

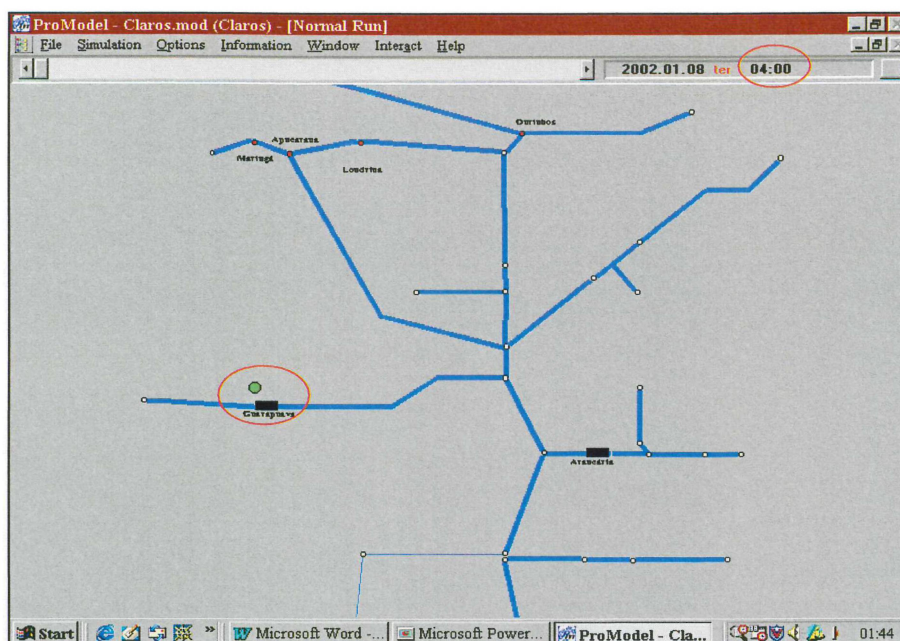
Atualmente a operação é realizada com composições de trinta vagões em média. Para esta simulação consideramos o mesmo volume transportado atualmente, ou seja, se antes eram necessários composições de trinta vagões operando seis dias por semana, passando a operar sete dias por semana serão necessários vinte e cinco vagões por composição para transportar o mesmo volume.

Ajustando o horário de funcionamento das bases, à partir do horário de chegada do trem evitamos que haja um longo tempo de espera pela abertura da mesma.

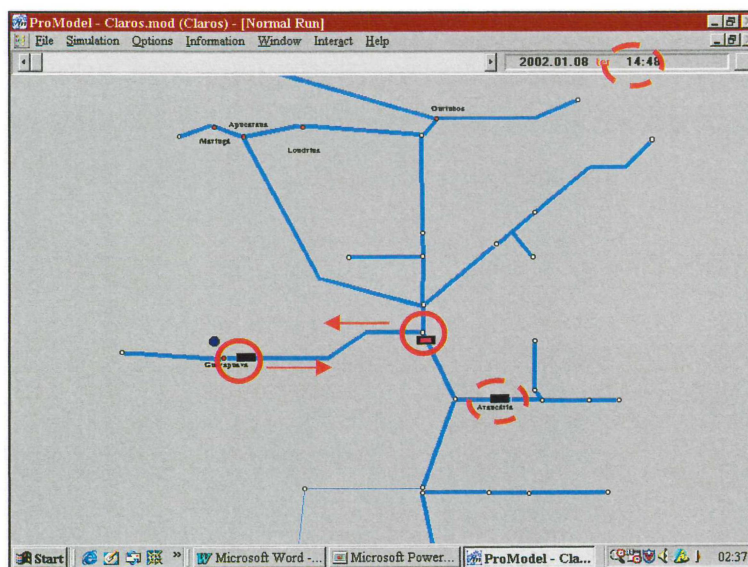
Como demonstraremos, a combinação dessas duas alterações resultará a economia do número vagões.



A composição carregada com 25 vagões parte de Araucária com destino à Guarapuava.



A composição que chegou à Guarapuava às 3h começa a ser descarregada às 4 h.



A primeira composição termina o descarregamento e é tracionada por volta das 14h com destino à Araucária. Enquanto isso a segunda composição, que deixou Araucária às 9 h, já está próxima a Uvaranas.

Inserimos no modelo uma terceira composição com um número menor de vagões. O objetivo é adiantar o carregamento para o dia seguinte, assim a composição que volta de Guarapuava de manhã (por volta das 7 horas) será dividida: 10 vagões serão recarregados imediatamente e 15 permanecerão em Araucária, para serem carregados e tracionados na composição do dia seguinte.

Quando a composição retorna para Araucária, encontra 15 vagões prontos para partir às 9hrs. A segunda composição está descarregando em Guarapuava.

Este ciclo repete-se diariamente, sete dias por semana, e o número de vagões necessários para esta operação será menor do que anteriormente.

6.2.4 Resultados Práticos

Diminuição de 15 vagões no fluxo Araucária/Guarapuava. Segundo o PCP, este fluxo precisa de 80 vagões atualmente para atender ao volume demandado. Com o novo desenho precisaria de 65 vagões.

Aumento de receita. Com estes 15 vagões disponíveis a UNGL pode gerar receita em outros fluxos que não eram atendidos anteriormente por falta de vagões.

CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi mostrar que a customização do desenho logístico deve antes de tudo procurar minimizar os custos que envolvam a sua abrangência (suprimento-produção-distribuição), tanto no aspecto interno à organização, quanto no aspecto externo, desde as fontes de matéria-prima até o produto no consumidor final. A aplicação de modernas técnicas de estudo em logística, como a simulação é uma forma de tomar decisões precisas e de qualidade, já que o mercado demanda este papel do operador logístico.

Após as análises realizadas podemos dizer que a modelagem tem as seguintes aplicações na ALL:

- Gerar receita à partir de venda de consultoria em projetos que envolvam ganhos financeiros relacionados à compra de equipamento ou ajustes em suas operações;

- Numa concorrência com outros operadores logísticos, construir os sistemas logísticos em ambiente virtual e formular a propostas comerciais baseadas em números melhor refinados;

- Redesenhar as operações já existentes da empresa, a fim de diminuir os seus custos e aumentar a sua margem;

- Facilitar o entendimento do sistema logístico através da sua visualização.

Mas talvez o mais importante é que a maneira como a ALL conduz os seus projetos e análises não tem validade para os novos clientes que surgirão à procura de um operador logístico. A empresa continuará crescendo e continuará captando novos clientes. Mas ganhar o filão nobre, mais interessante do mercado depende de uma visão diferente e de um tratamento diferenciado em logística, ou então ficaremos sempre com atividades como transporte ou simples armazenagem, enquanto a nossa expectativa diz que devemos ser o centro da inteligência logística dos nossos clientes.

É com essa visão que este projeto pretende iniciar uma nova fase na forma de estudar logística na ALL e de tomar decisões relacionadas ao nosso negócio. E esta é uma metodologia capaz de sustentar este processo, sem dúvida nenhuma.

REFERÊNCIAS

ANNUAL CONFERENCE PROCEEDINGS. **Council of Logistics Management**. Toronto: NGPMH - 1999

BALOU, RONALD H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais, Distribuição Física**. Trad. Hugo Yoshizaki. S.Paulo: Atla, 1993.

BATTEMAN, ROBERT E. **Sistem Improvement Using Simulation**. Orem: ProModel Cooperation, 1997

CLEMENTE, ADEMIR . **Projetos Empresariais e Públicos**. S. Paulo: Atlas, 1998

DIAS, SÉRGIO ROBERTO. **Estratégia e Canais de Distribuição**. S. Paulo: Atlas, 1998

JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS .**Council of Business Logistics**. Illinois: Oak Brook, 1999