

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**

**Simulação da recepção de cana de açúcar em uma usina  
sucroalcooleira**

*Vinicius Ramalho Martins*

**TG-EP-70-2007**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção

## **Simulação da recepção de cana de açúcar em uma usina sucroalcooleira**

*Vinicius Ramalho Martins*

**TG-EP-70-2007**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): *Prof<sup>a</sup>*. Márcia Marcondes Altimari Samed

**Maringá - Paraná  
2007**

**Vinicius Ramalho Martins**

**Simulação da recepção de cana de açúcar em uma usina  
sucroalcooleira**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

---

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>): **Márcia Marcondes Altimari Samed**  
Departamento de Informática, CTC

---

Prof<sup>a</sup>). Dr. **Gilberto Clóvis Antoneli**  
Departamento de Informática, CTC

## Resumo

O setor sucro-alcooleiro vem crescendo notavelmente nos últimos anos. Para se manterem competitivos no mercado, as indústrias deste setor estão buscando novas ferramentas tecnológicas para dar suporte às decisões. Neste conteúdo, ferramentas de simulação são indicadas para fornecerem parâmetros aos engenheiros, agrônomos e administradores. O software ARENA foi escolhido para simular o sistema de transporte de cana-de-açúcar de três frentes de trabalho até a usina. Considerando-se que as frentes estavam localizadas em raios médios fixos e se impôs como objetivos otimizar as taxas de utilização dos caminhões. Um sistema simplificado foi implementado, o qual está pronto para receber a inclusão de novas variáveis. Os resultados demonstram que a simulação encontrou valores viáveis de serem alcançados no sistema real.

**Palavra chave:** Simulação. Software ARENA. Usina sucroalcooleira.

# SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO.....	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	1
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1 SIMULAÇÃO.....	2
2.2 APLICAÇÕES DE SIMULAÇÃO EM SISTEMAS PRODUTIVOS.....	4
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>9</b>
3.1 ELEMENTOS DA SIMULAÇÃO.....	9
3.2 PASSOS DA SIMULAÇÃO .....	10
3.3 O SOFTWARE ARENA.....	12
3.4 MODELAGEM NO ARENA.....	14
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>21</b>
4.1 REBOQUES.....	22
4.2 DENSIDADE MÉDIA.....	22
4.3 RAIO MÉDIO .....	22
4.4 DADOS UTILIZADOS.....	23
4.5 MODELO ELABORADO.....	24
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PASSOS DA SIMULAÇÃO .....	11
FIGURA 2 - VISUALIZAÇÃO DO SOFTWARE ARENA .....	14
FIGURA 3 - MÓDULO <i>CREATE</i> .....	15
FIGURA 4 - BLOCO <i>PROCESS</i> .....	15
FIGURA 5 - BLOCO <i>DISPOSE</i> .....	16
FIGURA 6 - BLOCO <i>DECIDE</i> .....	16
FIGURA 7 - BLOCO <i>RECORD</i> .....	17
FIGURA 8 - BLOCO <i>ASSIGN</i> .....	17
FIGURA 9 - BLOCO <i>BATCH</i> .....	17
FIGURA 10 - BLOCO <i>SEPARATE</i> .....	18
FIGURA 11 - BLOCO <i>ENTER</i> .....	18
FIGURA 12 - BLOCO <i>REQUEST</i> .....	19
FIGURA 13 - BLOCO <i>TRANSPORT</i> .....	19
FIGURA 14 - BLOCO <i>FREE</i> .....	19
FIGURA 15 - TIPOS DE CAMINHÕES E REBOQUES .....	22
FIGURA 16 - MODELO DE SIMULAÇÃO.....	25

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - PLANILHA DE CARREGAMENTO .....	24
TABELA 2 - DADOS UTILIZADOS NO MODELO 1.....	26
TABELA 3 - RESULTADOS MODELO 1 .....	27
TABELA 4 - DADOS E RESULTADOS DO MODELO 2 .....	27
TABELA 5 - DADOS E RESULTADOS DO MODELO 3 .....	28
TABELA 6 - DADOS E RESULTADOS DO MODELO 4 .....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SAD	Sistema de Apoio à Decisão
MP	Matéria-Prima



# 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar no Brasil foi trazida pelos portugueses, uma espécie oriunda da África. devido ao clima, este teve seu cultivo implantado no nordeste brasileiro. A cana-de-açúcar foi a principal fonte de renda do Brasil, motivo de disputa de território invasão holandesa no território nacional devido a grande necessidade de açúcar na Europa. No final do século XVII foi descoberto ouro em Minas Gerais, acabando o interesse na cana-de-açúcar. E voltou a crescer logo após a crise de 1929 quando o governo brasileiro optou por se colocar 5% de álcool nos combustíveis para aliviar a crise nesse setor. Houve fortalecimento desse cultivo se espalhando para todo o território, principalmente para o sudeste. Logo após, foram lançados carros com motores a álcool e para se livrar da dependência do petróleo o governo lançou o programa Proálcool para incentivo de aquisição de carro a álcool.

A produção de açúcar e álcool, a partir da cana-de-açúcar, é uma indústria difundida em todo o mundo. Para o Brasil, a cana-de-açúcar é altamente importante, pois utiliza a planta como fonte de energia líquida renovável, o álcool, sendo o único a ser utilizado como combustível alternativo para veículos. O Brasil é também líder na produção de açúcar, na exportação e em área plantada de cana-de-açúcar.

Desde então, as usinas de cana-de-açúcar vêm sofrendo grandes impulsos e tendo mais demanda. Atualmente o álcool como combustível é muito discutido por ser um biocombustível, o dióxido que ele libera na sua queima é todo compensado, devido a cana-de-açúcar consumir esse dióxido de carbono na sua fase de crescimento. Isso vem aumentando a competitividade das indústrias nesse setor. As usinas têm que reduzir seus custos para se tornarem líderes no mercado. Um dos grandes responsáveis é o custo de transporte que segundo (ZAMPIERI, 2007) “representa cerca de 12% do custo da saca de açúcar”. Deve-se levar em conta que as usinas ainda possuem perdas no transporte devido a queda de matéria-prima (MP) no transporte, assim elevando ainda mais esses custos. Existe outro problema com esse setor da usina, pois a cana-de-açúcar perde seu teor de açúcar devido a sua exposição ao ambiente então ela deve ser consumida o mais rápido possível e se evitar ao máximos estoques.

O estado do norte do Paraná, principalmente está entre os maiores produtores no estado possuindo uma grande perspectiva de crescimento nessa área, muitas indústrias estão procurando estabelecer novas unidades, de acordo com BANCHI e LOPES (2007) ao analisarem a distribuição da oferta da cana:

cabe à região de Umuarama, com 29% desse produto, Paranavaí com 16%, Maringá com 15%, Jacarézinho com 12% e Londrina com 11%. Em seguida aparece Cornélio Procópio com 7%, Campo Mourão 4% e, as regiões de Apucarana e Ivaiporã com 3% cada uma. Ao longo 2007/2008 deve entrar em operação duas novas usinas nas regiões de Paranavaí e Maringá.

O transporte é de extrema importância para as usinas, pois ele é responsável pelo transporte da cana até a usina. Devido a muitas plantações estarem localizadas a distâncias significativas da usina uma sincronização deve ser feita para que não ocasione problemas mais graves. Para o nosso estudo a logística se torna de extrema importância, pois em usinas é necessário a alimentação constantes das moendas para que assim não ocasione interrupções.

A origem da palavra logística teve início na guerra, começou a ser utilizada pelo exército Francês. A palavra deriva do verbo “LOGER”, que significa alojar, prover, introduzir. Utilizada para envio de tropas, suprimentos e médicos, pois com esse tipo de estudo não se pararia uma frente de ataque e correr menos perigo com perdas de suprimentos. Após a segunda guerra mundial a logística passou a ser definida como um modelo de análise e administração integrada, que permite otimizar o fluxo de materiais, desde sua fonte primária até a colocação nos pontos de venda como produto final. Após alguns anos o armazenamento e distribuição foram estudados pela logística.

Para que se possa fazer uma análise melhor desse aspecto a simulação é uma excelente ferramenta para auxiliar na tomada decisão. É comum, nos dias de hoje, o uso de software de simulação para auxiliar as tomadas de decisões. Um desses softwares de auxílio na tomada de decisão é o ARENA. Com esse software pode-se simular várias situações para verificar qual será a mais lucrativa para a empresa, podendo testar diversas situações para analisar os efeitos que terá na prática.

## 1.1 Objetivo do Trabalho

Simular o setor de recepção de cana-de-açúcar.

## 1.2 Organização do Trabalho

O trabalho está organizado em 5 capítulos. O primeiro capítulo define a justificativa, motivo do trabalho e objetivos. O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica. O terceiro capítulo do trabalho fala sobre a metodologia, explicando as definições de simulação e sobre o software utilizado. O quarto capítulo descreve sobre o sistema estudado, explicando os equipamentos trabalhado e dados que são utilizado no sistema. Está no capítulo quatro as definições de alguns *templates* e de como foi montado o sistema de simulação no *software* Arena. O capítulo cinco trata da conclusão do trabalho, de como ele pode ser melhrodo, das dificuldades e do seu desenvolvimento.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Simulação

Com o surgimento do computador na década de 50 a modelagem de filas pôde ser analisada pelo ângulo de simulação em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real. As linguagens de simulação apareceram na década de 60 e hoje, graças aos microcomputadores, podem ser facilmente usadas. A técnica de simulação visual, cujo uso se iniciou na década de 80, em virtude de sua maior capacidade de comunicação teve uma aceitação surpreendente. Por ter um menor nível de complexidade, seu uso também cresceu enormemente. Devido ao fato da facilidade de uso da simulação visual, a simulação é utilizada em diversas áreas e possui inúmeras aplicações no mundo atual, que vão desde produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. Costuma-se dizer que “tudo que pode ser descrito pode ser simulado” (PRADO, 2004, p.21).

Segundo FREITAS F<sup>o</sup> (2001) simulação consiste na “utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais podem imitar o funcionamento de, praticamente qualquer tipo de operações ou processo (sistemas) do mundo real”.

Uma definição clara de um modelo de simulação computacional é citado por PRADO (2004) “Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”

SCHRIBER (*apud* FREITAS F<sup>o</sup>, 2001a, p.3) define que simulação implica na “modelagem de um processo de sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorra durante ao longo do tempo”.

Podemos obter resposta mais abrangente sobre esse tema com PEGDEN (*apud* FREITAS FREITAS F<sup>o</sup> 2001b, p.3) que define simulação como “um processo de projetar um modelo

computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”.

BANKS (apud RAMOS 2006, p.25) afirma que simulação é “a imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo. Nesta visão, a simulação envolve a geração artificial do sistema e a sua observação para direcionar inferências envolvendo as características do sistema real que estão sendo apresentadas”.

Segundo CAMPONOGARA (2006) otimização é “a área da Matemática Aplicada que se preocupa em calcular e computar valores ótimos para variáveis de decisão que induzem desempenho ótimo, ao mesmo tempo que satisfazem restrições de um modelo matemático.”

A otimização de um modelo de acordo com PINTO JUNIOR (2001) é “a busca da solução que atenda às restrições impostas e tenha a melhor avaliação segundo os critérios adotados”.

FREITAS F<sup>o</sup> (2001) defini a diferença entre simulação e otimização “Em contraste com os modelos de otimização, um modelo de simulação é executado ao invés de resolvido. As diferenças destas duas abordagens implicam que o modelo simulado permite análises quase que a todo instante, à medida que novas indagações sobre o comportamento do sistemas modelado segam aludidas”

No mundo atual os problemas que acontecem no dia-a-dia da empresa estão tendo novas dimensões e tempos mais curtos para se dar as respostas, em vistas desses problemas estão sendo cada dia mais utilizados Sistemas de Apoio a Tomada de decisão (SAD) de acordo com SIMCHI-LEVI, KAMINSKY *et all* (2003) uma das características fundamentais de um SAD para o projeto de rede:

É a flexibilidade, que definimos como a habilidade do sistema em incorporar um grande conjunto de característica de uma rede preexistente. Na verdade, dependendo da aplicação específica, um espectro completo das opções do projeto pode ser indicado. Em uma extremidade desse espectro está a opções do projeto pode ser

indicado. Em uma extremidade desse espectro está a completa reotimização da rede existente. Isso significa que cada depósito pode ser tanto aberto como fechado e que todos os fluxos de transporte podem ser redirecionados.

Segundo HOFFMANN (2001) um SAD é :

Uma ferramenta que procura auxiliar o decisor/gerente na sua tomada de decisão. Em hipótese alguma o SAD substitui o julgamento humano e sua decisão. Diferente dos Sistemas Especialistas, o objetivo do SAD não é assimilar a experiência dos decisores para a resolução de problemas semelhantes no futuro, mas sim ajudar o decisor no uso e manipulação de dados e aplicação de heurísticas. O SAD utiliza um mecanismo de geração de cenários, onde variáveis de entradas fornecidas pelo usuário geram simulações da realidade. Os cenários são gerados tanto para problemas estruturas quanto para não-estruturados.

Segundo o *site* da PARAGON (2007) o software ARENA é:

Um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. O ARENA foi considerado por renomados especialistas em simulação como "O mais inovador software de simulação", por unir os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado. A linguagem incorporada ao ARENA é o SIMAN. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no ARENA, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada. Através da utilização de templates (cartuchos de customização), o ARENA pode ser transformado facilmente em um simulador, específico para reengenharia, transporte de gás natural, manufatura etc.. O usuário pode criar seus próprios templates, incorporando ao ambiente corporativo o *know-how*, para uso de outras pessoas, através do uso de objetos/templates corporativos, ex.: Toyota/Japão.

## 2.2 Aplicações de Simulação em Sistemas Produtivos

O trabalho de mestrado elaborado por AZEVEDO (2006) aborda o desenvolvimento de um modelo de simulação computacional e a sua utilização como ferramenta gerencial para avaliar política de turnos de trabalho para os operadores da frota de máquinas e veículos de uma usina de açúcar e álcool do estado de São Paulo. Foi utilizada a simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão, com isso pode-se avaliar antes de serem implantadas possuindo o transporte de cana de açúcar como principais restrições que condicionam seu gerenciamento. Contando também com os riscos de moagem, sendo esses a falta de MP e o limite permitido de das jornadas de trabalho. Foram estabelecidos nesse trabalho quatro cenários diferentes para avaliações sendo o primeiro com a troca de turnos unificados às 7:00

hrs e às 19:00 hrs; e os demais com a entrada em operação de uma das frentes de corte e carregamento com duas, quatro e seis horas de defasagem (escalonamento) em relação às demais frentes. O modelo obtido com o Software ARENA foi eficaz na representação do modelo real fornecendo assim informações com maior riqueza de detalhes para subsidiar a decisão. O modelo de maior êxito foi o cenário com quatro horas de defasagem pois apresentou o melhor desempenho ao conciliar a entrega de cana, as jornadas de trabalho e o risco de desabastecimento (AZEVEDO, 2006).

IANNONI E MORABITO (2002) estudaram o sistema de recepção de cana em uma das maiores usinas do Brasil, a Usina São Martinho, localizada na região de Ribeirão Preto, SP, com capacidade de moagem de cerca de 36 mil toneladas de cana por dia. O estudo foi realizado com o objetivo de analisar o desempenho do sistema de recepção de cana, compreendido da balança até as moendas, e investigar configurações e políticas alternativas para operação desse sistema. Em razão das diversas fontes de incerteza e da complexidade operacional do sistema, o método utilizado teve por base técnicas de simulação discreta a utilização do software Arena.

As principais medidas de desempenho avaliadas foram relacionadas ao tempo médio de espera dos caminhões no sistema de recepção, a quantidade média de cana descarregada, de acordo com a capacidade de moagem da usina, e a taxa de utilização das moendas. Os dados foram coletados na Usina São Martinho em dias considerados típicos do meio da safra (junho). Os dados coletados na balança correspondem ao tipo de cana, ao tipo de caminhão, ao número do caminhão, à carga transportada por cada caminhão, à origem da cana (própria ou de terceiros) e aos instantes de entrada e saída de cada caminhão do sistema de recepção de cana. Os dados foram analisados pelo software estatístico *Best-Fit*. Foram obtidos histogramas e medidas descritivas e realizados testes de aderência para determinação das distribuições estatísticas que melhor representam os dados. As distribuições encontradas e utilizadas na simulação estocástica como dados de entrada representam o tempo médio de viagem de cada tipo de caminhão ao campo. O modelo de simulação construído no ARENA teve por objetivo representar a trajetória dos veículos desde a entrada na balança até a saída das moendas. Foram realizados três cenários diferentes, sendo eles:

- O cenário 1 considera que todos os caminhões desengatam seus conjuntos “julieta” no estoque do pátio. As regras de despacho dos conjuntos “julieta” em estoque para descarga nas moendas mudam a fim de manter a rotatividade do estoque. Não são consideradas

limitações de estoque ou possibilidade de treminhões inteiros descarregarem na moenda A ou B para suprir falta de cana inteira. Essa alteração é motivada pela hipótese de que com mais unidades tratoras e conjuntos julieta os veículos sejam melhor distribuídos entre os pontos de descarga, de maneira a reduzir o tempo médio de permanência do treminhão na usina. O estudo deste cenário também se justifica por se tratar de uma alteração simples e de baixo custo, já que não envolve aumento de pontos de descarga e alterações na frota de veículos.

- A Usina São Martinho tende a aumentar o número de caminhões rodotrens nas operações de transporte e descarga, pois esses veículos transportam maior quantidade de cana com mais segurança. O objetivo do cenário 2 é analisar os benefícios do aumento em 50% (8 para 12) no número de rodotrens no sistema, em substituição a um número proporcional de treminhões. Assim, o cenário considera a redução na frota de treminhões para compensar o aumento de cana descarregada pelo maior número de rodotrens, caso contrário, o sistema não seria capaz de absorver o aumento de cana transportada em razão da limitação de capacidade das moendas. A redução no número de treminhões é proporcional à quantidade de cana descarregada. Este cenário também inclui um ponto específico de descarga para absorver o aumento de rodotrens, instalado na moenda A.
- No sistema de transporte de cana na Usina São Martinho, 30% da cana transportada é inteira. As usinas que estão aprimorando seus sistemas de colheita e implantando a mecanização, como a referida usina, apresentam tendência à substituição da cana inteira pela picada. Na Usina São Martinho essa substituição tende a ocorrer de forma gradativa. O objetivo do cenário 3 é analisar os benefícios do aumento de 50% (de 8 para 12) no número de rodotrens em substituição a um número proporcional de caminhões “romeu e julieta”. Este cenário também inclui um ponto específico de descarga instalado na moenda A para absorver o aumento de rodotrens. Note que a diferença em relação ao cenário anterior é a redução da frota de “romeu e julieta” (cana inteira), em vez da de treminhões (cana picada). Da mesma forma que no cenário anterior, este cenário considera uma nova distribuição dos pontos de descarga em relação ao cenário original, para que o desbalanceamento da carga de trabalho nas moendas seja reduzido e sua capacidade seja melhor aproveitada.



Um modelo de simulação foi construído no software ARENA e aplicado. Os resultados obtidos mostraram que o modelo é capaz de representar satisfatoriamente o sistema. Além da configuração atual do sistema, outros cenários foram investigados e seus desempenhos comparados com o do atual. Essa análise mostrou que o cenário 1 (todos os treminhões desengatam seus conjuntos “julietta” no estoque do pátio) apresenta o melhor desempenho do ponto de vista da quantidade média de cana em espera no pátio da usina e da quantidade média de cana descarregada por dia nas moendas . Além disso, o cenário 1 envolve alterações relativamente simples de serem realizadas no sistema. Os cenários 2 (aumento de 50% do número de rodotrens e redução proporcional do número de treminhões) e 3 (aumento de 50% do número de rodotrens e redução proporcional do número de “romeu e julietta”), apesar de aumentarem um pouco em relação ao cenário original, aumentam significativamente.

Nogueira (2004) elaborou um trabalho que apresenta um conjunto de módulos de simulação, denominado *template*, específico para simular operações de carregamento e transporte em minas a céu aberto no software Arena. Esse *template* foi desenvolvido por Ramos Neto (2003) e é inédito. Para validar o modelo utilizou-se o sistema denominado SIMIN, que é um simulador para mineração, este ainda não possui uma versão comercial e requer conhecimentos do software Delphi (Delphi é marca da Borland Software Corporation) para ser operado. Com isto, torna-se válida a procura por simuladores específicos para área mineral, visando a facilitar o uso e, conseqüentemente, aumentar a aplicação da simulação nas operações de lavra de minas. Ele visa a facilitar o uso da simulação na mineração e poderá ser usado por profissionais da área mineral. Os modelos desenvolvidos para simular as operações de lavra em minas podem ser usados como ferramenta na avaliação de cenários. Alguns desses cenários estão descritos abaixo:

- Permitir ao engenheiro de minas ou administrador tirar conclusões sobre novos sistemas sem sua experimentação direta e/ou fazer mudanças ou testes de novas políticas nos sistemas já existentes sem perturbação da produção e sem implementá-los efetivamente.
- Melhorar a percepção geral da natureza de um processo, através da animação do sistema no computador.
- Identificar gargalos na produção.
- Estudar o dimensionamento e seleção de equipamentos utilizados nas operações da mina, como caminhões e equipamentos de carga.

- Determinar um local ótimo para o britador primário em relação à cava da mina.
- Testar a viabilidade de implantação de um sistema de alocação dinâmica de caminhões.
- Dimensionar a capacidade de silos, britadores e pilhas de estoque.
- Determinar o impacto, na produção da mina, do uso de um britador com descargas simultâneas de caminhões.
- Dimensionar sistemas para escoamento da produção usando trens e navios.
- Determinar a influência da disponibilidade de equipamentos e outros índices mecânicos, na produção da mina.

Para validar o sistema foram feitas diversas simulações e comparado com os dados obtidos de outro sistema de simulação conhecido como SIMIN forma simulados em ambos e todos os resultados foram satisfatório, realizou-se comparação com sistema real, e ainda obtendo resultados satisfatório. Com esses resultados o *templete* pode ser utilizado para auxiliar a tomada de decisão.

Com alguns conceitos de simulação estabelecidos nesse capítulo servira de base para utilizarmos a simulação, será utilizados esses conceitos para facilitarmos o trabalho com as variáveis na simulação bem como ajudar a interpretar os resultados gerados por ela, a simulação esta cada vez mais presente nas empresa para auxiliar a tomada de decisão no dia a dia como observamos nesse capítulo.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Os métodos tradicionais de projetos e análises possuem algumas falhas devido a complexidade dos sistemas, assim omitindo muitas variáveis. As organizações estão cada vez mais utilizando o uso de softwares em simulação para apoio na tomada de decisão, para conseguir um melhor resultado e diminuir a ocorrência de erros.

A cada dia mais se justifica a utilização desses softwares para apoio na tomada de decisão de acordo com FREITAS F<sup>o</sup> (2001) alguns diferenciais na utilização desses métodos:

“Um estudo simulado admite aos analistas considerarem níveis de detalhes jamais imaginados há pouco tempo atrás, permitindo que diferenças de comportamento, às vezes sutis, venham a ser notadas. As abordagens tradicionais, ao contrário, empregam estudos preliminares estáticos e com tantas simplificações que, muitos projetos depois de implantados, acabam sofrendo inúmeras modificações e adaptações.

À possibilidade do emprego de animações, permitindo que se visualize o comportamento dos sistemas durante as simulações;

Um estudo simulado pode economizar tempo e recurso financeiros no desenvolvimento de projetos, trazendo ganhos de produtividade e qualidade. Os custos de tais análises são, em geral, insignificantes se comparados aos seus benefícios;

À percepção de que o comportamento modelo de simulado é muito semelhante ao do sistema real.”

#### 3.1 Elementos da simulação

Para se realizar a simulação de forma confiável e clara é necessário o entendimento de alguns elementos conceituais. Serão definidos alguns desses elementos utilizados em simulação:

- **Entidades e Atributos:** São as partes que percorrem o sistema e interagem com os diversos recursos. As entidades podem variar desde pessoas até peças. Cada entidade tem características próprias que a definem e são denominadas atributos. Os atributos servem para definir as entidades que são utilizadas na hora das tomadas de decisões dentro do fluxo. Quando um atributo é definido, mesmo que o seu valor seja alterado durante seu percurso no sistema, a mudança é referente apenas àquela entidade específica.
- **Recursos:** São os elementos que seguem o fluxo do sistema e são alocados para as entidades, esses não são necessariamente objetos imóveis, eles apenas não podem se mover no fluxo do sistema. Possuem capacidade finita (que podem variar com o tempo) e possuem diferentes estados, podem estar ocupado, em espera, inativo e etc. Eles representam a

estrutura do sistema podendo ser máquinas, postos de trabalho, meio de transporte, pessoas que participam do processo. Recursos são colocados para atender uma entidade.

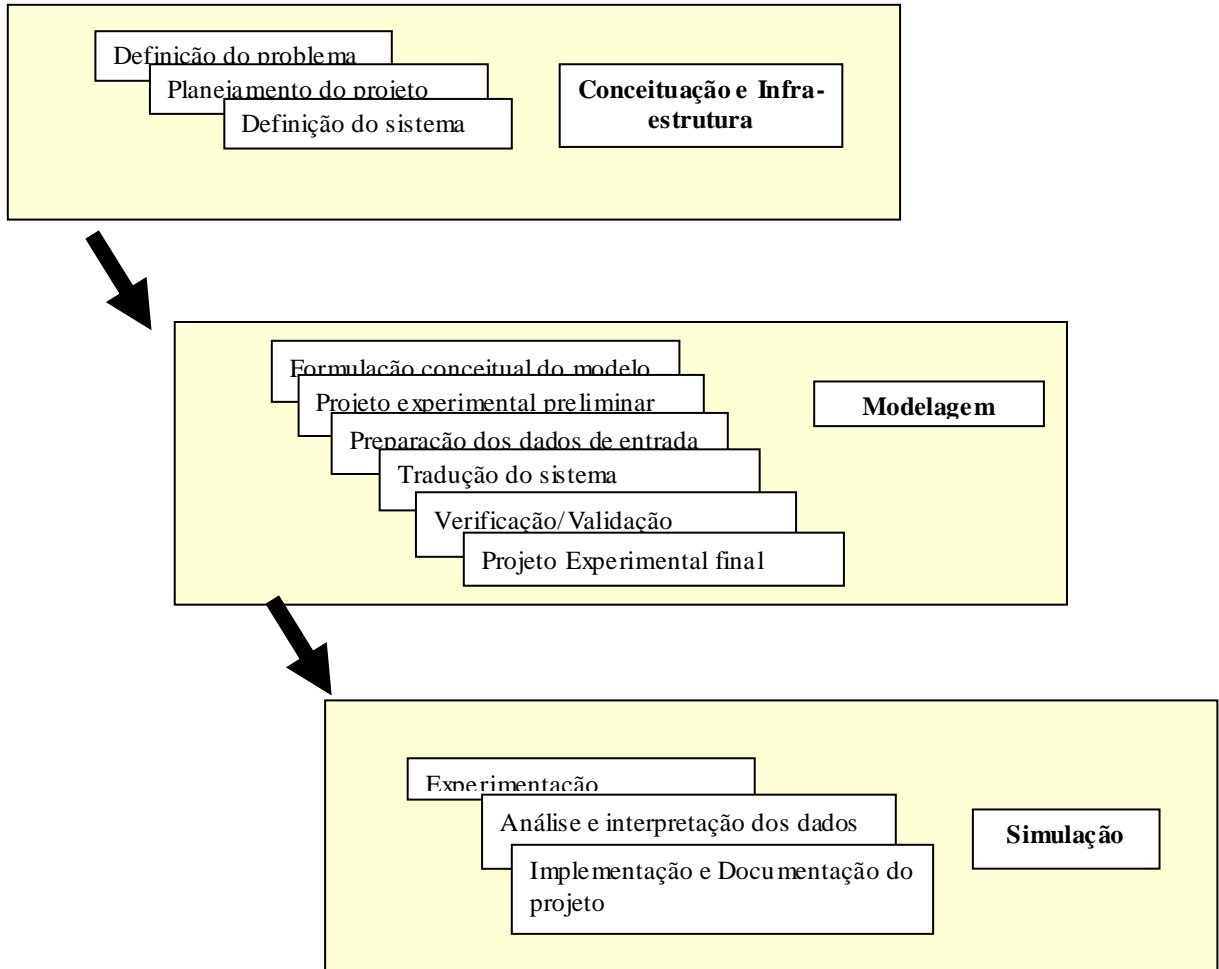
- **Estações:** São utilizadas para isolar partes do modelo que funcionem independentemente de outras que seja lógica ou fisicamente. Serve para se definir estações de trabalho em locais diferentes e que são ligadas entre elas por tipos de transporte diferentes.
- **Filas:** São formadas por entidades que ficam esperando um atendimento em um recurso ou traslado entre estações quando esses estão ocupados por outras entidades e, por isso, ficam esperando atendimentos dos recursos cabíveis.

### 3.2 Passos da Simulação

Existem muitas definições de como se deve proceder em uma simulação. Muitos autores detalham de formas diferentes, mas que tentam obter o mesmo resultado.

De acordo com AZEVEDO (2006) “da mesma maneira, a fase de validação está presente no roteiro de todos os autores, para garantir a correspondência entre os sistemas real e simulado, o que requer que a coleta de dados seja bem feita”.

Tomando-se o roteiro apresentado por PEGDEN, SHANNON *et al* (1995). O projeto de simulação possui 12 passos”. Esses passos estão de acordo com a Figura 1, e são eles:



**Figura 1 - Passos da simulação**

**I. Definição do problema:** Esse passo é a definição do problema, que tem que ser escolhido o objetivo a ser realizado e não desviar o foco para uma melhor atuação.

**II. Planejamento do projeto:** Tem que ser feito um estudo da infra-estrutura de pessoas disponíveis bem como os hardwares e softwares que estão disponíveis para o trabalho, e já nessa etapa fazer um cronograma para a execução do trabalho.

**III. Definição do sistema:** Nessa etapa faz-se um levantamento do sistema a simular, como funcionam as etapas, processos e possíveis restrições que seu sistema possuirá.

**IV. Formulação conceitual do problema:** Elaborar-se um esboço do sistema que se deseja simular, assim podendo verificar como é feita a interação das entidades com os recursos e outros elementos.

**V. Projeto experimental preliminar:** Essa etapa diz como serão coletadas os índices de desempenhos do sistema e como eles influenciariam no sistema de simulação.

**VI. Preparação dos dados de entrada:** Aqui se faz a análise de quais dados de entrada serão necessários coletar para usar no sistema, essa etapa é feita em campo.

**VII. Tradução do sistema:** Nessa etapa todos os dados coletados são colocados em uma linguagem de simulação que o analista deseja utilizar, sendo essa a parte de modelagem do sistema.

**VIII. Verificação/Validação:** Consiste no método para confirmar a operacionalidade do modelo conforme as expectativas do analista e à representatividade com os dados de saída do sistema real, respectivamente. A superação deste passo garante o uso do modelo para a tomada de decisão.

**IX. Projeto experimental final:** Essa etapa é responsável para delimitar o modelo criado, tomar as restrições e quais as variáveis que devem ser consideradas, começar a reproduzir o modelo a ser reproduzido.

**X. Experimentação:** Executar os modelos nos tempos desejados e após analisar os dados e verificar a sensibilidade do sistema.

**XI. Análise e interpretação dos dados:** Verificar os dados gerados na simulação fornecido pelo modelo criado pelo analista e assim analisar os parâmetros que possuem maior influência nos resultados gerados pelo sistema.

**XII. Implementação e documentação do projeto:** Execução do projeto no sistema real e registro dos procedimentos realizados ao longo de todo o projeto.

### 3.3 O Software Arena

O ARENA foi lançado devido ao sucesso de seus antecessores. O SIMAN foi o primeiro software de simulação lançado para computadores e sua arquitetura tinha como base a arquitetura do GPSS que foi criado pela IBM em 1961, sendo o líder de mercado na época. Em 1984 foi criado um complemento para o SIMAN, o CINEMA, sendo o primeiro software de simulação visual lançado em 1984, sendo que passou por melhorias contínuas. Já em 1993 houve uma junção desses dois programas dando, origem ao ARENA.

O ARENA foi criado para tornar os sistemas de simulação mais fáceis de trabalhar, pois ele trabalha com conjuntos de blocos sendo esses responsáveis por fazer o papel de uma operação ou algum processo no sistema. O grande avanço desse software foi a utilização de interface gráfica para o usuário, assim facilitando o trabalho e diminuindo em muito a utilização do teclado. Ele ainda é provido de outras ferramentas que ajudam em diversas áreas tais como:

- *INPUT ANALYZER*: Faz a análise de dados de entrada adaptando o melhor tipo de equação para os dados.
- *OUTPUT ANALYZER*: Analisa os dados coletados na saída do sistema. Podendo plotar gráficos para uma melhor análise.

O software é voltado à representação de processos onde elementos estáticos formando um ambiente bem definido com regras e propriedades interagem com elementos dinâmicos que fluem dentro deste ambiente. Pode-se citar como exemplos: linha de produção constituída por máquinas e operadores (elementos estáticos) passam peças ou matérias-primas (elementos dinâmicos) que são gradativamente processadas até a saída do produto final.

Outra facilidade apresentada é a utilização de módulos de comandos diferentes, sendo cada uma com finalidades específica, podendo ser: criação de entidades, armazenamento de informações, divisão de entidades, processamento de entidades e outras. Esses comandos estão armazenados em arquivos dentro da pasta do ARENA que são definidos como painéis em função do tipo de comando. Os painéis mais utilizados são:

- Painei *BASIC PROCESS*: Reúne módulos básicos de construção de sistemas, como criação (modulo *Creat*), processamento (modulo *Process*) e eliminação de entidades (modulo *Dispose*).
- Painei *Advanced Transfer*: Reúne módulos relativos à movimentação de entidades, como movimentação por esteiras (modulo *Convey*) e movimentação por transportadores, como empilhadeiras (modulo *Transport*).

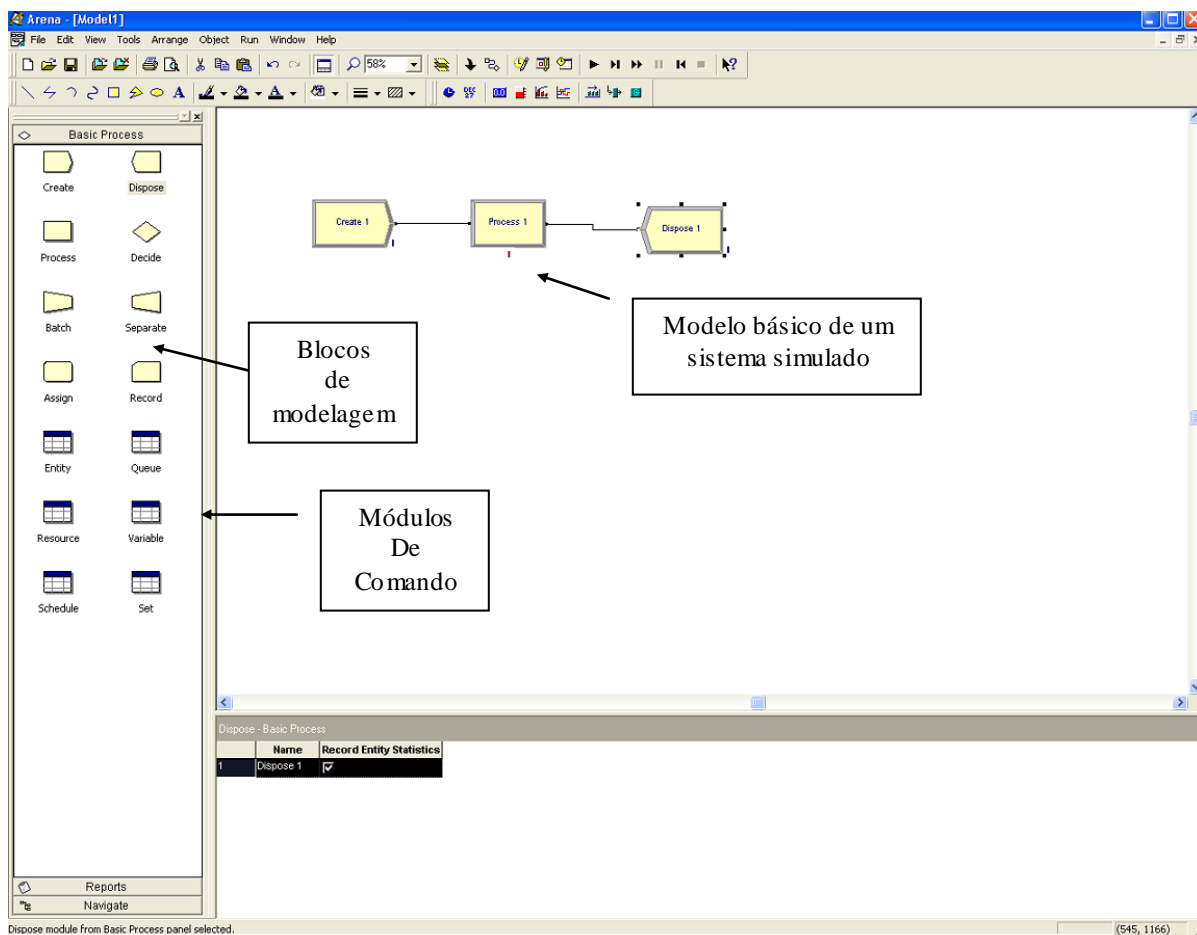


Figura 2 - Visualização do software Arena

### 3.4 Modelagem no Arena

O ARENA possui alguns componentes básicos conhecidos como blocos de modelagem, são utilizados na realização da simulação. Os mais utilizados são:

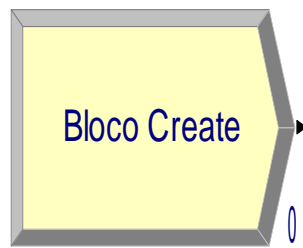
#### Módulo *Create*

Esse bloco é o ponto de partida para qualquer sistema, esse bloco que irá criar as entidades, essas podendo ser clientes, documentos, cana-de-açúcar, avião, ou qualquer outro elemento. As entidades que sofrerão as ações das operações lógicas do fluxo.

O importante do bloco *create* é que nele são inseridas duas informações importantes para o sistema, os intervalos de tempo em que são criadas as entidades e os tipos das entidades. O



tipo de entidade é um atributo da mesma que permite identificar um determinado grupo de entidades e pode servir como parâmetro para decisões lógicas do modelo.

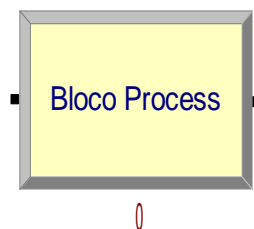


**Figura 3 - Módulo *Create***

### **Bloco *Process***

Esse bloco é um dos mais importantes devido a sua função de representar todos e qualquer processo realizado no sistema, ele é utilizado quando a entidade sofre qualquer tipo de ação que leve um tempo para ser cumprida.

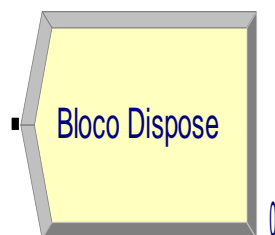
Nesse bloco se configura os números de operários ou máquinas que fazem esse processo e os tempos que eles levam para realizar a ação.



**Figura 4 - Bloco *Process***

### **Bloco *Dispose***

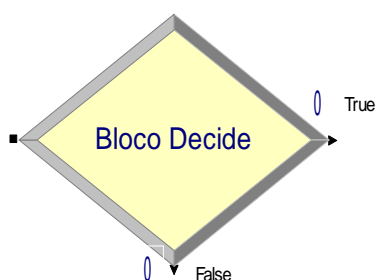
Este bloco tem a função inversa a do bloco *Create* ele tem a função de retirar as entidades dos sistemas.



**Figura 5 - Bloco *Dispose***

### **Bloco *Decide***

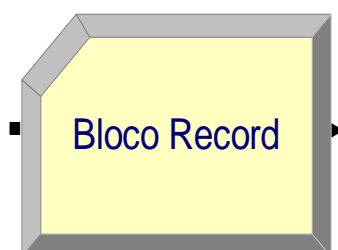
Esse bloco é utilizado para representar ramificações do fluxo do sistema, pode ser utilizado com bases em um percentual probabilístico ou uma condição. Um dos exemplos muito utilizados são em entidades que têm probabilidade de estar com defeito após passar por um processo, assim as entidades terão fluxos diferentes, as que forem conformes seguiram por um fluxo diferentes das não conformes, sendo que elas poderão voltar em um mesmo fluxo.



**Figura 6 - Bloco *Decide***

### **Modulo *Record***

Esse bloco é utilizado para se conseguir informações estatísticas que vão além daquelas que são mostradas no relatório padrão que surge após a simulação. Funciona como um contador, podendo contar o números de viagens de cada transportador.

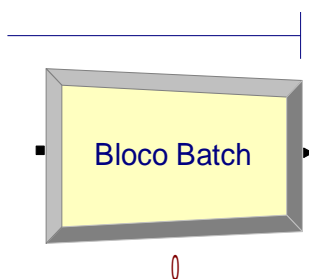


**Figura 7 - Bloco Record****Bloco Assign**

Bloco utilizado quando se quer trocar o valor de uma variável, deixar com algum diferencial em uma entidade que percorre o fluxo de informações.

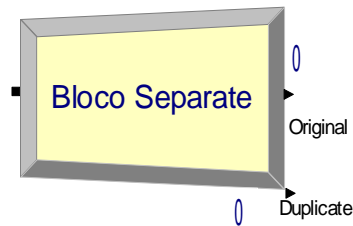
**Figura 8 - Bloco Assign****Bloco Batch**

Bloco utilizado para a junção de entidades quando se deseja que duas peças se agrupem para posteriormente formarem uma única entidade no sistema podendo ser separadas após com o bloco *Separate*.

**Figura 9 - Bloco Batch****Bloco Separate**

Esse bloco serve para desfazer o que foi feito no bloco *batch*, no caso de ter ocorrido agrupamentos temporários.

Também utilizado para a duplicação ou clonagem de entidades, sendo muito útil quando uma entidade deve sofrer processos diferentes realizados por recursos diferentes simultaneamente.



**Figura 10 - Bloco *Separate***

### **Bloco *Enter***

É tipicamente o primeiro bloco de um conjunto usado para que defina uma ou mais etapas de processamento. Ele define uma estação (ou conjunto de estações) correspondendo ao espaço físico ou lógico onde ocorrerá o processamento.

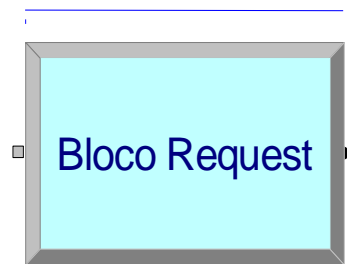
Uma entidade pode mover-se do bloco anterior para o *Enter* de duas maneiras: transferindo para a estação associada com o bloco ou através de uma conexão gráfica. Esse bloco também pode ser configurado para atrasar quando uma entidade tiver que sofrer um descarregamento.



**Figura 11 - Bloco *Enter***

### **Bloco *Request***

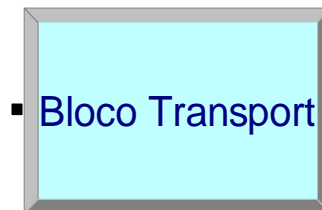
Ele designa uma unidade de um transportador a uma entidade e o move para a estação onde ela esteja. Pode ser especificada uma entidade específica do transportador ou a seleção pode ser baseada em uma regra. Pode ser configurado com ordem de prioridade assim podendo atender primeiro um setor para depois atender um outro de menos importância. Também se define a velocidade do transportador bem com o tipo de movimento que ele irá fazer.



**Figura 12 - Bloco *Request***

### **Bloco *Transport***

Esse bloco transporta tanto a entidade controlada quanto o transportador em questão entre duas estações. O tempo necessário para a movimentação de ambos é baseado na velocidade do transportador e na distância entre as estações.



**Figura 13 - Bloco *Transport***

### **Bloco *Free***

Fica responsável em fazer a comunicação entre o bloco *request* e o transporte ao passar por esse bloco ele manda um sinal dizendo que o transportador está livre, assim podendo ser requisitado novamente.



**Figura 14 - Bloco *Free***

### **Bloco de dados *Distance***

É utilizado para definir as distâncias entre as estações, para que o transportador possa usá-la tem que configurar a distância entre cada estação.

**Bloco de dados *Transporte***

Esse módulo também tem que ser configurado com a velocidade do transportador e a velocidade com que cada transportador se move juntamente com a sua unidade, tem que ser configurado o local (estação) no qual o transportador estará quando começar a simulação.

## 4 Estudo de Caso

A empresa escolhida para se realizar a simulação foi a Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda unidade de Maringá. A unidade em que se realizou o estudo foi a Agrícola – Motomecanização, que cuida do setor que vai do corte da cana até o descarregamento nas moendas da indústria.

A cana-de-açúcar chega através de pontos distintos, e cada ponto sendo independente um dos outros. Os pontos onde são feitas as coletas de cana-de-açúcar são conhecidos como frentes de cortes. Os equipamentos são distribuídos nessas frentes de corte em diferentes tipos e quantidades, podendo ser de execução manual ou mecânica.

A quantidade de frentes de corte depende, dentre outros fatores, da capacidade de moagem da usina, da distribuição geográfica e da dimensão das fazendas, o que irá requerer ou não a mudança freqüente de área de colheita e da proximidade de cidades/bairros que fornecem mão-de-obra para as frentes.

Para saber a quantidade de cana disponível em cada frente e épocas que elas estarão prontas para a colheita, a usina dispõe de um software que tem previsão de quando a cana estará boa e a quantidade apropriada.

Após saber a quantidade que cada frente disponibilizará, é necessário um estudo para saber a quantidade de colheitadeiras, tratores, reboques e caminhões que serão necessário para cumprir a demanda diária da usina.

Após a cana cortada é feito um trabalho com a carregadeira e trator. O trator vêm engatado com um conjunto “romeu e julita” vazio, ao lado do trator andando na mesma velocidade fica a carregadeira, assim ficando unidos para carregarem o conjunto “romeu e julita”, ao chegar as frentes os caminhões primeiramente deixam o conjunto “romeu e julita” em um local específico, e se engatam em outro conjunto que já está carregado.

Serão definidos alguns termos e variáveis utilizadas nesse setor.

## 4.1 Reboques

O reboque são utilizados para transporte da cana podendo variar seu modelo devido a cana estar picada ou inteira. Os reboques também são conhecidos como “julietas”. Estas podem ser engatadas umas nas outras assim formando o par “romeu e julieta”, como ilustrado na Figura 15 abaixo.





Descrição	Esquema	Nome popular
Caminhão plataforma		“Truck”
Caminhão plataforma com um reboque acoplado		“Romeu e Julieta”
Caminhão plataforma com dois reboques acoplados		“Treminhão”
Cavalo mecânico com dois semi-reboques acoplados		“Rodotrem”

Figura 15 - Tipos de caminhões e reboques

## 4.2 Densidade média

Esta grandeza é calculada para saber a quantidade de cana que os reboques trazem, esse é um fator muito preocupante, pois pode variar devido ao carregamento, corte e outros fatores.

## 4.3 Raio médio

Cada frente de cana possui raios pré-definidos para diferenciar as frentes, os raios médios são as médias das distâncias onde os caminhões irão carregar as canas. Assim, cada frente possui um determinado raio médio em certos períodos do dia.



#### 4.4 Dados Utilizados

Os dados utilizados nesse trabalho foram obtidos da indústria, os mesmos foram considerado como dados constantes e são referentes a um dia de trabalho. São definidos sempre em unidade de medida (quilometro, toneladas) por unidade de tempo (horas, minutos).

Para fazer a simulação foram consideradas algumas restrições.

O processo de entrada de dados foi criado a partir das carregadeiras, assim se estipula que a quantidade de cana cortada e de tratores nas frentes são suficientes para as carregadeiras.

Outro fator que influenciará nos resultado é que não foi limitado o número de “julietas” em estoques das frentes que, são limitadas em 4, então cada caminhão quando chega deixa as 2 vazias e engata nas duas que estão carregadas.

Foi considerado um atraso no carregamento de 10 minutos para que o caminhão deixe suas “julietas” vazias e engate nas carregadas, o mesmo tempo foi considerado no descarregamento da usina.

Os caminhões, ao iniciar a simulação, estão todos na usina esperando o comando para carregamento.

Para efeito de cálculos cada caminhão consegue carregar 32 toneladas de cana, sendo que 17 toneladas são da primeira carreta e 15 da “julietas” agregada. Cada carregadeira consegue carregar 43 Toneladas/Horas. As frentes 1 e 3 possuem 4 carregadeiras, já a frente 2 fica com 4 carregadeiras, sendo assim as frentes 1 e 3 conseguem carregar 5 caminhões/hora. Na Tabela 1 está representada a quantidade de cana a ser retirada de cada frente, quantidade de caminhões, densidades médias das frentes, quantidades de carregadeiras, sendo o número de reboques a quantidade de “julietas” pronta para serem carregadas.

**Tabela 1 - Planilha de carregamento**

% Cana a entregar	40,00%	20,00%	40,00%	0,00%	<b>100,00%</b>
Raio Medio	20,00	26,70	35,00	0,00	<b>27,34</b>
Densidade Media	15,00	16,00	16,00	0,00	<b>15,60</b>
Composição	2	2	2	2	
Cana Frente	3.520	1.760	3.520	0	<b>8.800</b>
<b>Caminhões</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>23</b>
Reboques	4	4	4	0	<b>84</b>
<b>Carregadeira</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

#### 4.5 Modelo Elaborado

Foi criado um modelo de simulação no ARENA para mostrar as viagens que cada caminhão fará nas frentes de corte, para que se possa fazer uma melhor utilização dos caminhões e deste modo não ocorra falta de material na usina. Evitou-se a sobrecarga dos caminhões para não ocasionar maiores problema.

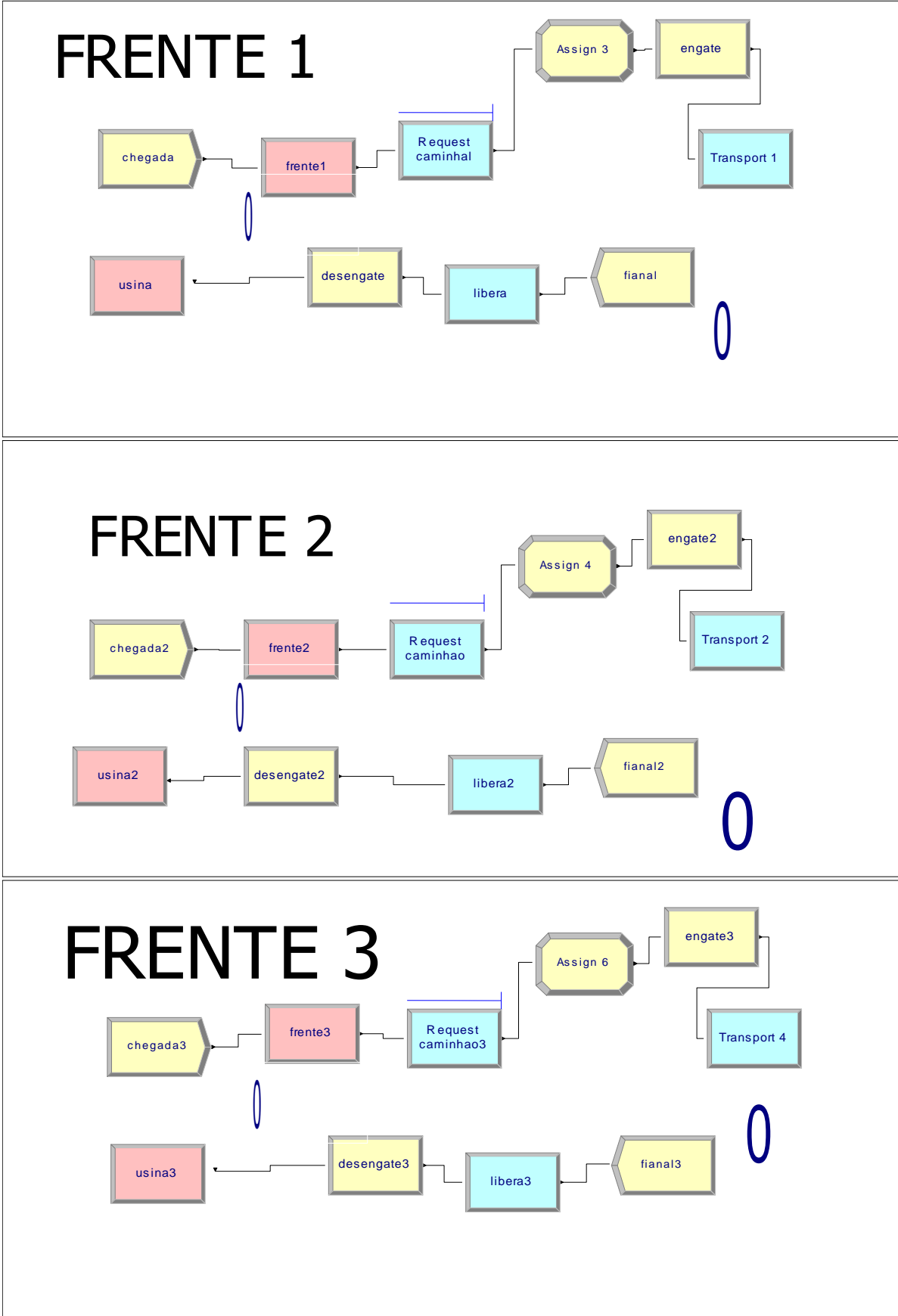


Figura 16 - Modelo de simulação

A Tabela 2 a seguir mostra os dados introduzidos nos blocos para conseguir os resultados.

**Tabela 2 - Dados utilizados no Modelo 1**

	Frente 1	Frente 2	Frente 3
Bloco <i>Create</i>	5 (“romeu e julieta” por hora)	3 (“romeu e julieta”por hora)	5 (“romeu e julieta” por hora)
Bloco <i>Delay</i>	10 mim	10 mim	10 mim
Bloco <i>Transport</i>	8 (caminhões)	4 (caminhões)	11 (caminhões)
Velocidade	30 (km/h)	30 (km/h)	30 (km/h)
Distância	20 km	27 km	35 km

Outro bloco, o *Delay*, foi, utilizado para representar um atraso do caminhão no caso de 10 minutos para engatar os “romeu e julieta” nas frentes e desengáta-los na usina. Por sua vez, o Bloco *Request*, foi utilizado para mandar uma resposta aos caminhões em que havia cargas para serem transportadas fazendo, deste modo, a reserva de um transportador. O bloco *Enter* representam lugares físicos indicando que são em lugares distintos. O bloco *Free* indica que um transportador está livre para transportar outra entidade, e assim será reservado pela entidade *Request*. Já o bloco *Assing* é utilizado para guardar os dados sendo útil nos relatórios gerados pelo software.

De acordo com a Tabela 3, a frente 1 fez 90 viagens, isso nos mostra que é possível que 90 entidades chegue na usina utilizando a frente 1, está frente obteve uma utilização de sua frota de 95,49% desconsiderando que não houve problemas com os caminhões. A frente 2 fez 40 viagens nesse mesmo período, com uma taxa de utilização maior que a da frota 1 de 98,96%, podendo ser muito arriscado pois se algo acontecer com algum caminhão ela ficara impossibilitada de cumprir a sua meta. A frente 3 fez 87 viagens, possuindo uma taxa de utilização de 97,22% de sua frota.

**Tabela 3 - Resultados Modelo 1**

	Frente 1	Frente 2	Frente 3
Número de caminhões	8	4	11
Taxa de utilização	95,49%	98,96%	97,22%
Número de viagens por caminhão	11	10	8
Quantidade de cana-de-açúcar (toneladas)	2816	1280	2816

Outros dados foram gerados no relatório que o ARENA exibe nos finais das simulação que estão nos anexos, nesses são apresentados dados tais como os tempos de espera por um transportador, o tempo de espera para uma entidade ser transportada.

Em um segundo modelo (Modelo 2) foi alterado o número de caminhões em cada frente com o objetivo de conseguir distribuir uma menor taxa de utilização para as frentes para poder estar prevenindo de possíveis problemas durante o período.

**Tabela 4 - Dados e resultados do Modelo 2**

	Frente 1	Frente 2	Frente 3
Número de caminhões	7	6	10
Taxa de utilização	98,61%	73,54%	93,19%
Número de viagens por caminhão	12	8	8
Quantidade de cana-de-açúcar (toneladas)	2688	1536	2560

Observou-se que nesse caso ocorreu uma taxa menor de utilização da frota que está atuando na frente 2 e as outras ficaram muito prejudicadas, devido estarem com uma taxa de utilização muito elevada assim prejudicando ainda mais os serviços de frotas.

No terceiro modelo (Modelo 3), tentamos do mesmo modo deixar uma taxa de utilização equilibrada entre as frotas de transporte com as alterações das frotas de acordo com a Tabela 5

**Tabela 5 - Dados e resultados do Modelo 3**

	Frente 1	Frente 2	Frente 3
Número de caminhões	9	4	10
Taxa de utilização	84,88%	98,33%	93,19%
Número de viagens por caminhão	11	10	8
Quantidade de cana-de-açúcar (toneladas)	3168	1280	2560

Os resultados obtidos nesse modelo foram semelhantes aos do Modelo 2 a diferença é a que a frente 2 ficou mais sobrecarregada e a frente 1 e 3, ficaram com uma taxa bem abaixo em relação a frente 2, não tendo melhorias significativas para a usina.

No quarto modelo (Modelo 4), como o sistema responde as variáveis com uma certa linearidade então as alterações foram feitas com o intuito de que o sistema encontre uma melhor forma para trabalhar.

**Tabela 6 - Dados e resultados do modelo 4**

	Frente 1	Frente 2	Frente 3
Número de caminhões	8	5	10
Taxa de utilização	95,49%	89,00%	93,19%
Número de viagens por caminhão	12	10	8
Quantidade de cana-de-açúcar (toneladas)	3072	1600	2560

No Modelo 4 com a melhor distribuição dos caminhões da frota observa-se que ocorreu uma taxa de utilização mais adequada entre eles pois eles estão melhor distribuídas, caso ocorra algum problema com algum dos caminhões ele poderá ser resolvidos com uma maior tranquilidade pela usina, pois a frota não estará no seu limite máximo.

## 5 Conclusão

Este trabalho relata o desenvolvimento de um modelo que representa o transporte de cana-de-açúcar em uma indústria do setor sucroalcooleiro. Após a modelagem, utilizou-se um software de simulação, o software Arena, visando obter parâmetros que auxiliem a tomada de decisões.

As decisões que devem ser tomadas referem-se ao número de viagens e o número de caminhões alocados em cada frente de trabalho, de tal forma que as taxas de utilização dos recursos sejam otimizadas.

As revisão de literatura supriu as dificuldades no estabelecimento das variáveis que afetam o sistema. Por outro lado, pouca literatura específica sobre o software ARENA foi encontrada. Há literaturas suficientes no que diz respeito às ferramentas básicas do Arena, mas não no caso específico de transporte.

A modelagem elaborada considerou algumas simplificações do sistema real. No entanto, essas simplificações não influenciam significativamente os resultados.

O sistema modelado neste trabalho deve contribuir para uma melhor representatividade do sistema real, pois a modelagem permite a inclusão de novas variáveis.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se trabalhar com variações dos raios médios, inclusão de carregadeiras, tratores entre outros e utilizar um maior tempo de simulação.

Os resultados desse trabalho devem refletir diretamente nos custos de produção, uma vez que o número de viagens foi reduzido, acarretando menor consumo de combustível.



## 6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J. P. R. S. Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar. 2006 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Estadual de São Carlos, São Carlos.

BANCHI, Angelo Domingos; LOPES, José Roberto. Custos com reparo e manutenção no transporte de cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br>>. Acesso em: 24 mar. 2007.

BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J.. Logística Empresarial. São Paulo: Atlas, 2001.

CAMPOGARA, Eduardo. MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO: TEORIA E PRÁTICA. Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br>>. Acesso em: 13 maio 2007.

ENAPET, 10., 2006, Florianópolis. PRODUTOS E SUBPRODUTOS: O PET/AGRONOMIA/UFRPE E. Florianópolis: Ufsc, 2006. Disponível em: <<http://www.enapet.ufsc.br>>. Acesso em: 24 mar. 2007.

FATIMA, Ana Cristina; COSTA, Maria de Fatima Gameiro da. Gestão de Custos Logísticos: Custeio Baseado em Atividades(ABC). Balanced Scorecard (BSC). Valor Econômico Agregado(EVA). São Paulo: Atlas, 2005.

FREITAS F<sup>o</sup>,P.J Introdução à modelagem e simulação de Sistemas – com Aplicações em Arena. Florianópolis: Visual Books, 2001

HOFFMANN, Leandro Toss - Sistema de Apoio à Decisão em Escalada Alpina - São Leopoldo, RS

IANNONI, A. P.; MORABITO R. Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: Ume estudo de caso utilizando simulação discreta. Gestão & Produção. V.9, n.2, p.107-128, ago.2002

NOGUEIRA R., TEMPLATE DO PROGRAMA ARENA PARA. Ouro Preto: Rem, v. 57, n. 1, jan. 2004. Disponível em: <<http://www.rem.com.br/>>. Acesso em: 11 maio 2007.

PINTO JUNIOR, Orlando Pinna Ferreira. SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE DECISÃO PARA SUPRIMENTO DE REFINARIAS DE PETRÓLEO ATRAVÉS DE UMA REDE DE OLEODUTOS.. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/>>. Acesso em: 14 maio 2007.

PARAGON (Brasil) (Comp.). Arena: Família Arena. Disponível em: <[www.paragon.com.br/](http://www.paragon.com.br/)>. Acesso em: 14 maio 2007.

PEGDEN, C. D., SHANNON, R. E., SADOWAKI, R.P Introduction to Simulation Using SIMAN. 2ed. New York: . McGraw-hill, 1995

PRADO, Darci. Usando o ARENA em simulação. 2. ed. Belo Horizonte: Indg, 2004.

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de suprimentos: projeto e gestão. Porto Alegre: Bookman, 2003.

YAMADA,M.C.; PORTO, A. J. B.; INAMASU, R. Y. Aplicação dos conceitos de modelagem e de rede de Petri na análise do processo produtivo da industria sucroalcooleira. Pesquisa agropecuária, Brasília, v.37, n. 6, p. 809-820, jun 2002

ZAMPIERI, Disonei. **CANA-DE-AÇÚCAR / SUCROALCOOLEIRO**. Disponível em: <<http://celepar7cta.pr.gov.br/SEAB/deral.nsf/>>. Acesso em: 24 mar. 2007.

## 7 Anexos

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Hours

### Key Performance Indicators

**System**      Average  
Number Out      225

#### Entity

##### Time

VA Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
cana2	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
cana3	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

NVA Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
cana2	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
cana3	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Wait Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	2.1463	(Insufficient)	0.6667	3.8333
cana2	5.3250	(Insufficient)	0.9000	9.6000
cana3	3.4100	(Insufficient)	1.1667	6.0000



Transfer Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	0.6667	(Insufficient)	0.6667	0.6667
cana2	0.9000	(Insufficient)	0.9000	0.9000
cana3	1.1667	(Insufficient)	1.1667	1.1667



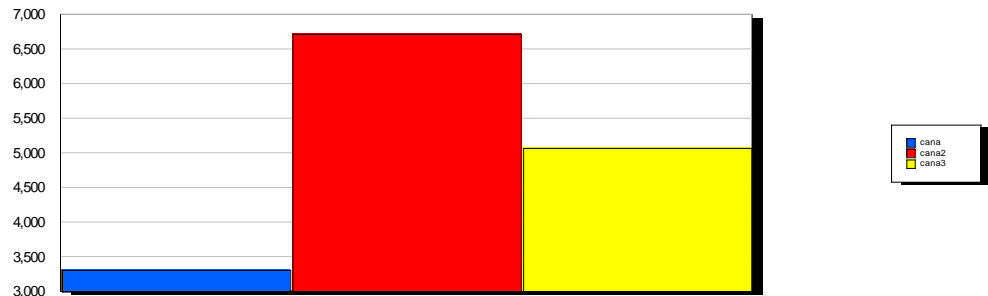
Other Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	0.5000	(Insufficient)	0.5000	0.5000
cana2	0.5000	(Insufficient)	0.5000	0.5000
cana3	0.5000	(Insufficient)	0.5000	0.5000



Total Time

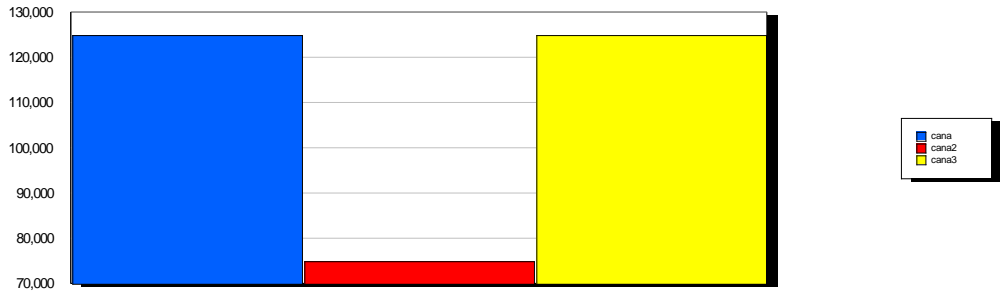
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	3.3129	(Insufficient)	1.8333	5.0000
cana2	6.7250	(Insufficient)	2.3000	11.0000
cana3	5.0766	(Insufficient)	2.8333	7.6667



Other

Number In

	Value
cana	125
cana2	75
cana3	125



Number Out

	Value			
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
cana	98			
cana2	40			
cana3	87			
WIP				
cana	16.0278	(Insufficient)	0.00	27.0000
cana2	19.0000	(Insufficient)	0.00	35.0000
cana3	23.6528	(Insufficient)	0.00	38.0000



Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Request caminhal.Queue	1.5991	(Insufficient)	0.00	3.8333
Request caminhao.Queue	4.9091	(Insufficient)	0.00	10.0000
Request caminhao3.Queue	2.5612	(Insufficient)	0.00	5.6667



Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
----------------	---------	------------	---------------	---------------

Request caminha1.Queue	8.1875	(Insufficient)	0.00	19.0000
Request caminha0.Queue	15.0417	(Insufficient)	0.00	31.0000
Request caminha3.Queue	12.9583	(Insufficient)	0.00	27.0000

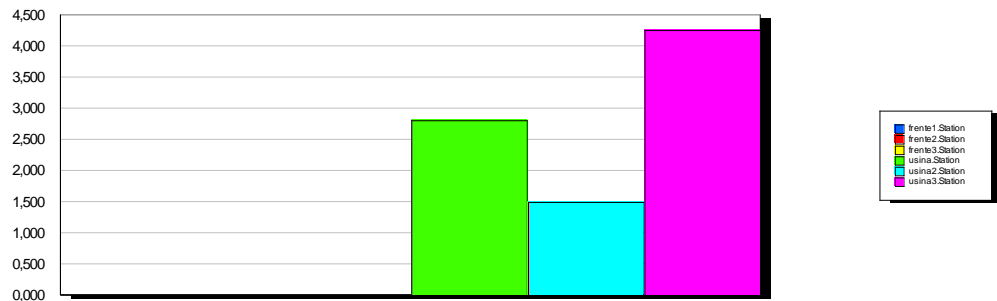


## Station

### Other

Number Entities Transferring

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
frente1.Station	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
frente2.Station	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
frente3.Station	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
usina.Station	2.8125	(Insufficient)	0.00	5.0000
usina2.Station	1.5000	(Insufficient)	0.00	3.0000
usina3.Station	4.2604	(Insufficient)	0.00	10.0000



## Transporter

### Usage

Number Busy

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	7.8403	(Insufficient)	0.00	8.0000
Transporter 2	3.9583	(Insufficient)	0.00	4.0000
Transporter 3	10.6944	(Insufficient)	0.00	11.0000



Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	8.0000	(Insufficient)	8.0000	8.0000
Transporter 2	4.0000	(Insufficient)	4.0000	4.0000
Transporter 3	11.0000	(Insufficient)	11.0000	11.0000



Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.9800	(Insufficient)	0.00	1.0000
Transporter 2	0.9896	(Insufficient)	0.00	1.0000
Transporter 3	0.9722	(Insufficient)	0.00	1.0000







**Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção  
Av. Colombo 5790, Maringá-PR  
CEP 87020-900  
Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874**