

UTILIZANDO A MODELAGEM E A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA A CRIAÇÃO DE CENÁRIOS PRODUTIVOS ADEQUADOS NA INDÚSTRIA CANAVIEIRA

Márcio Viana de Oliveira

Fatec Jahu

Evandro Antônio Bertoluci

Fatec Jahu

Resumo

A Logística no controle de chegada de matéria prima na indústria tem papel fundamental para a eficiência e otimização da produção. No caso específico da indústria canavieira, não ocorrendo a falta de cana de açúcar, é possível que as metas de safra anual sejam atingidas, evitando-se que a produção pare e conseqüentemente que os lucros e resultados positivos sejam alcançados. Este artigo apresenta a importância do planejamento de cada etapa da safra, desde a colheita até a produção final, destacando como a tecnologia pode cada vez mais melhorar os resultados. Também destaca estratégias importantes para que o ciclo da safra ocorra de forma mais fluente possível, obtendo-se, desta forma, o máximo de qualidade da matéria prima, como formas de se evitar custos e eliminar paradas com uso de estoque e manutenção preventiva sem que afete de forma significativa o andamento da safra. O objetivo deste artigo é demonstrar como a simulação pode auxiliar no planejamento e controle da produção de cana de açúcar e etanol e apontar setores nos quais seja possível obter melhor eficiência na produção.

FATEC Sebrae – Faculdade de Tecnologia Sebrae - CEETEPS – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo, Brasil.

REVISTA FATEC SEBRAE EM DEBATE: gestão, tecnologias e negócios

Editor Geral

Prof. Dr. Mário Pereira Roque Filho

Organização e Gestão

Prof. Ms. Clayton Pedro Capellari

Correspondência

Alameda Nothmann, nº 598 Campos Elíseos, CEP 01216-000 São Paulo – SP, Brasil.

+55 (11) 3224.0889 ramal: 218

E-mail: f272dir@cps.sp.gov.br

A metodologia do presente artigo foi fundamentada em análise de artigos científicos e levantamentos de dados da produção de uma indústria produtora de açúcar e etanol na região de Jaú, SP. Foram coletadas informações teóricas e práticas sobre a eficácia da logística e a chegada da matéria prima. Utilizando os dados coletados no software ARENA, foi possível identificar onde estavam os gargalos, e desta forma, sugerir novos/melhores cenários relacionados à produção de açúcar e etanol. O software de simulação utilizado se mostrou como uma ferramenta poderosa para a tomada de decisão por parte dos gestores.

Palavras Chaves Logística; Software; Cana de Açúcar

Abstract

Logistics in controlling the arrival of raw materials in the industry has a fundamental role in efficiency and optimization of production. In the specific case of the sugar cane industry, without the lack of sugar cane, it is possible that the goals of the annual harvest are achieved, preventing production from stopping and consequently that profits and positive results are achieved. This article presents the importance of planning each stage of the harvest, from harvest to final production, highlighting how technology can increasingly improve results. It also highlights important strategies for the harvest cycle to occur as smoothly as possible, thus obtaining the maximum quality of the raw material, as ways to avoid costs and eliminate downtime with the use of stock and preventive maintenance without significantly affect the progress of the harvest. The objective of this article is to demonstrate how the simulation can help in the planning and control of the production of sugar cane and ethanol and to point out sectors in which it is possible to obtain better efficiency in production. The methodology of this article was based on analysis of scientific articles and data collection of the production of a sugar and ethanol producing industry in the region of Jaú, SP. Theoretical and practical information was collected on the effectiveness of logistics and the arrival of raw materials. Using the data collected in the ARENA software, it was possible to identify where the bottlenecks were, and in this way, suggest new / better scenarios related to the production of sugar and ethanol. The simulation software used proved to be a powerful tool for decision making by managers

Keywords: Logistics; Software; Sugar cane

Introdução

O setor produtivo de açúcar e etanol vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Para se manterem competitivos no mercado, as indústrias desse setor estão buscando novas ferramentas tecnológicas para dar suporte às decisões. Neste contexto, softwares de simulação são indicados por fornecerem parâmetros/informações aos gestores no processo de tomada de decisões. O software ARENA, pelas suas características e funcionalidades, vem sendo utilizado no Brasil e no mundo em modelagens e simulações de diversos setores, incluindo a indústria de açúcar e etanol. No presente estudo, o software Arena foi escolhido para as modelagens e simulações por apresentar as ferramentas necessárias às especificidades do estudo de caso.

Segundo diversos autores pesquisados e citados neste trabalho, incluindo *sites* da área indicados nas referências, as operações de corte, carregamento e transporte (CCT) de cana-de-açúcar envolvem equipamentos de custo elevado, tais como colhedoras, carregadoras, tratores e caminhões. O planejamento da utilização desses recursos requer decisões que não se limitam apenas à sua quantificação. Outros aspectos também devem ser gerenciados como a forma de operá-los, a localização das frentes de corte e o estabelecimento de turnos de trabalho e horários de refeição dos operadores. O planejamento das operações deve ocorrer de modo coordenado e numa visão sistêmica, uma vez que uma decisão sobre um quesito acarreta interferência direta em todo o sistema, dada a forte interação entre os recursos envolvidos.

O esforço de planejamento é de vital importância para a manutenção da entrega de cana-de-açúcar para moagem. A fabricação de açúcar e etanol é contínua, 24 horas por dia, de maio a novembro na região Centro-Sul do Brasil. Como a cana de açúcar se deteriora à medida que aumenta o tempo entre sua colheita e a moagem, a sua entrega deve ser rápida para evitar a perda de qualidade, o que compromete a eficiência dos processos industriais. Os gestores das usinas têm a responsabilidade de coordenar as operações de CCT para proporcionar matéria-prima de qualidade e sem falha de abastecimento, uma vez que os custos na indústria são muito altos. A busca

por matéria-prima de melhor qualidade tem levado as usinas a reduzir a quantidade de cana nos estoques. Em função disso, a confiabilidade do sistema de transporte e produção deve ser alta, daí a importância de simulações para o gerenciamento adequado dos processos produtivos.

Para auxiliar os gestores nos processos de tomada de decisão no planejamento das operações de CCT, uma das alternativas é utilizar a simulação computacional. As vantagens da simulação derivam do conhecimento prévio do desempenho dos sistemas e da possibilidade de manipular cenários para testar situações de interesse. Um ponto forte é o respeito à aleatoriedade do tempo de duração dos processos, dado pelo uso de distribuições de probabilidade. Adicionalmente, a análise de alguns sistemas mais complexos é possível apenas mediante o uso de simulação, pela possibilidade de abordar adequadamente a interação entre recursos e entidades

Se as relações que compõem um modelo são simples o suficiente, pode ser possível utilizar métodos matemáticos (como álgebra, cálculo ou teoria de probabilidades) para obter informações exatas sobre questões de interesse; o que é conhecido como solução analítica. Porém, a maioria dos sistemas do mundo real é muito complexa para ser avaliada analiticamente e estes modelos devem ser estudados por meio de simulação [...] (LAW; KELTON, 1991, p. 1).

No passado, época em que as safras canavieiras eram bem delineadas, com início, meio e fim bem definidos, as manutenções nas colhedoras, maiores responsáveis pela entrega da matéria prima à usina, eram realizadas exclusivamente durante as entressafras. Naqueles momentos, as máquinas eram totalmente desmontadas; só permaneciam seus “esqueletos”. Entretanto, com o alongamento da safra e, conseqüentemente, diminuição da entressafra essa estratégia de manutenção tem ficado cada vez mais inviável.

Por conta disso, o foco das usinas nos últimos anos tem sido uma manutenção preventiva eficaz durante os meses de safra, visando, além da redução de custos e maior disponibilidade ao longo do ciclo, colocar fim ao sufoco vividos pelas equipes de manutenção que tinham o árduo trabalho de revisar completamente toda a frota durante apenas dois meses.

A realização de uma manutenção eficiente durante a safra visa dois objetivos principais, o primeiro deles é reduzir o número de paradas ao longo do ciclo. O segundo é minimizar a manutenção da entressafra, fazendo com que o processo seja menos invasivo possível, bem diferente do que ocorria há anos.

Para dar conta das manutenções preventivas sem que a máquina permaneça mais do que algumas horas paradas, é necessário trabalhar com estoque de diversos componentes, como elevadores, cortes de base, conjuntos redutores e rodantes, divisores de linhas e extratores. Ao atingir uma certa quantidade de horas trabalhadas ou toneladas colhidas, essas peças são rapidamente substituídas. Por sua vez, as que estavam trabalhando vão para oficina, são reparadas e ficam disponíveis para serem utilizadas em futuras trocas.

A tecnologia é uma grande parceira para evolução e para o crescimento da produtividade. Em tempos em que a rentabilidade é o grande objetivo, a eficiência do setor sucroenergético está em foco. Existem programas de simulação muito eficientes na atualidade. Com tais programas, é possível criar cenários adequados de acordo com as simulações efetuadas. Um exemplo de software de simulação muito utilizado no mundo em diversos setores é o Arena.

De acordo com Law, Kelton et al. (1991) apud Rocha e Marques (2007)

O Arena une os recursos de uma linguagem de simulação, referidos anteriormente, à facilidade de uso de um simulador, num ambiente gráfico integrado, que contém todos os recursos para modelação de sistemas, desenho do modelo, animação das entidades, análise estatística e análise de resultados. O “software” tem como tecnologia de base incorporada a linguagem de simulação SIMAN e combina a facilidade de utilização dos simuladores de alto nível com a flexibilidade das linguagens de simulação e linguagens de programação genéricas.

Ainda de acordo com Rocha e Marques (2007)

O software Arena fornece ao utilizador, o ambiente para o desenvolvimento do modelo de simulação, executa as simulações e gera relatórios apresentando os resultados das experimentações. O ambiente em si, com interface padrão Windows, é destinado à construção,

execução e manipulação de modelos. Possui, entre outros, elementos de animação, modelação e interação com outras aplicações relevantes.

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, pois possui uma relevante função estratégica na economia do Brasil. A complexidade do gerenciamento dos subsistemas de corte, carregamento e transporte da cana-de-açúcar (CCT) e a importância da redução de custos na operação desses subsistemas justifica a realização deste trabalho que tem por objetivo analisar como o desempenho de uma operação logística da cana-de-açúcar pode ser mensurado com o uso da metodologia da modelagem de simulação de eventos discretos. Para este fim foi realizada a modelagem e simulação das operações de CCT utilizando o software ARENA. Foi possível evidenciar que o modelo reproduz, com certa precisão, o desempenho do sistema real, verificou-se também a possibilidade de redução dos gargalos do sistema

Este presente artigo utilizou o software Arena para analisar cenários e com o uso dessa tecnologia, ver como pode-se obter uma produção mais adequada.

Objetivo

O objetivo deste artigo foi demonstrar como a simulação pode auxiliar no planejamento e controle da produção de cana de açúcar e etanol e apontar setores nos quais seja possível obter melhor eficiência na produção.

Justificativa

Apresentar métodos que tornem capazes de solucionar possíveis falhas, da mesma forma, apontar quais setores podem ser otimizados, tornando mais evidente qual atitude deve ser tomada para eliminar determinado problema ou falha. O Software ARENA pode representar uma ferramenta importante para o desenvolvimento de simulações e auxiliar o gestor no processo de tomada de decisões relacionadas à produção de açúcar e álcool.

Metodologia

O método utilizado no estudo foi fundamentado em análise de artigos científicos e levantamentos de dados da produção da indústria produtora de açúcar e etanol em um

cenário atual. Foram coletadas informações teóricas e práticas sobre a eficácia da logística e da chegada da matéria prima na indústria de açúcar e etanol e efetuadas simulações com o uso do software Arena. Foi possível identificar de forma precisa onde está o verdadeiro problema e assim traçar as estratégias para uma otimização, atingindo a meta anual e potencializando os lucros.

Referencial Teórico

É bastante conhecido o fato de que as empresas que se destacam pela excelência em logística adotam de forma intensa novas tecnologias de informação. Um subconjunto destas tecnologias são os sistemas de apoio à decisão. Estes são aplicativos que auxiliam à gerência na identificação, avaliação e comparação de alternativas operacionais. Dentre os vários aplicativos existentes, a simulação computacional tem se mostrado como uma das ferramentas de crescente utilização da gestão moderna, em particular nas áreas de logística e operações (SALIBY, 1999)

A simulação computacional permite aos analistas tomarem decisões importantes a respeito de novos projetos baseados na visualização de algo que ainda não foi testado, no gerenciamento de processos sua contribuição promove melhorias na resolução de problemas que ainda irão surgir. Para que a simulação contribua de forma positiva todas as variáveis que influenciam no modelo devem ser consideradas, fornecendo assim uma visão fiel do processo (AGUILAR et al, 2009).

No setor sucroalcooleiro a simulação tem sido utilizada para investigar novas estratégias gerenciais e equipamentos, a um custo relativamente baixo para as usinas. Pode-se entender a simulação como um processo amplo que engloba, não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, a qual busca descrever o comportamento do sistema construir teorias, verificar onde pode ser otimizado e eliminar possíveis falhas.

Segundo Pegden *et al.* (1995), a simulação é "o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo, a fim de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação". Algumas das principais vantagens da simulação apresentadas por (Banks, 1998) e citadas por Morabito e Iannoni são: (i) possibilidade de explorar o sistema real com modificações de políticas,

procedimentos, operações ou métodos, com custo relativamente baixo e sem interferir no sistema real e (ii) domínio sobre o tempo, uma vez que a simulação permite que o tempo seja reduzido no caso de fenômenos que ocorrem muito lentamente. (MORABITO e IANNONI, 2002).

Para auxiliar a tomada de decisão no planejamento das operações de CCT, uma das alternativas é utilizar a simulação computacional. As vantagens da simulação derivam do conhecimento prévio do desempenho dos sistemas e da possibilidade de manipular cenários para testar situações de interesse. Um ponto forte é o respeito à aleatoriedade do tempo de duração dos processos, dado pelo uso de distribuições de probabilidade. Adicionalmente, a análise de alguns sistemas mais complexos é possível apenas mediante o uso de simulação, pela possibilidade de abordar adequadamente a interação entre recursos e entidades. (SILVA, ALVES e COSTA 2011).

A realização de uma manutenção eficiente durante a safra visa dois objetivos principais, o primeiro deles é reduzir o número de paradas ao longo do ciclo. O segundo é minimizar a manutenção de entressafra, fazendo com que o processo seja a menos invasivo possível, bem diferente do que ocorria há anos.

Para dar conta das manutenções preventivas sem que a máquina permaneça mais do que algumas horas parada, é necessário trabalhar com estoque de diversos componentes, como elevadores, cortes de base, conjuntos redutores e rodantes, divisores de linha e extratores. Ao atingir uma certa quantidade de horas trabalhadas ou toneladas colhidas, essas peças são rapidamente substituídas. Por sua vez, as que estavam trabalhando vão para a oficina, são reparadas e ficam em *stand by* para serem utilizadas em futuras trocas (CanaOnline, 2018).

Na indústria, um dos fatores que afetam sua produtividade e conseqüentemente sua competitividade, é o funcionamento inadequado e a indisponibilidade dos seus ativos. Suas conseqüências podem ser verificadas em paradas operacionais, funcionamento de equipamentos com baixa eficiência e até comprometimento da qualidade do produto final à ser oferecido ao cliente.

Dentro deste cenário, a manutenção passa a ter uma importância ainda maior, pois a utilização racional dos recursos da empresa e também “o baixo investimento” comparado à outras alternativas, para sua implantação, tornam a política de manutenção da empresa uma ótima possibilidade de redução de custos e melhoria da produtividade.

Ao se realizar um estudo de simulação, é essencial que se represente corretamente o impacto de manutenções dentro do sistema. E é até muito comum que estudos de simulação sejam feitos exclusivamente para se analisar as políticas de manutenção.

Estudo de Caso

Modelagem e Simulação de usina produtora de açúcar e etanol, safra 2020.

- . Meta moagem safra 2020 é de 1.700.000 toneladas de cana.
- . período de safra anual é de aproximadamente 8 meses (240 dias). Capacidade de moagem é de aproximadamente 400 toneladas por hora (7 caminhões com uma carga de 56 toneladas cada um). 24 horas de trabalho por dia durante a safra.

No cenário¹, com levantamento de dados práticos e teóricos, usando as informações coletadas no software Arena, verificamos uma quantidade média de chegada de 5 caminhões com capacidade de 56 toneladas cada um por hora, e foram moídas cerca de 280 toneladas por hora. Sabe-se que a capacidade de moagem por hora na indústria é de cerca de 400 toneladas hora; nota-se que esse é o cenário atual, assim sendo o Arena indicou um gargalo na colheita, devido à baixa chegada de cana de açúcar na usina. Com esse resultado a média de toneladas moídas por dia foi de 6700 toneladas por dia, não atingindo a meta da safra 2020 de 1.700 toneladas.

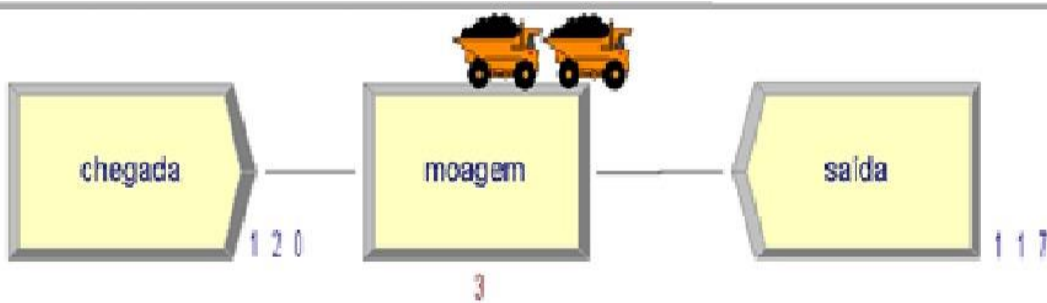
Cenário 2, com uma melhoria na lavoura, com menor quebras, reposição de peças mais rápida, o software ARENA simulou um chegada média de 6 caminhões por hora, elevou-se a produção de moagem no processamento para 336 toneladas hora, chegando uma produção diária de 6888 toneladas, obtendo-se uma safra bem próxima do objetivo de se atingir a meta da safra com 1.653.120 toneladas.

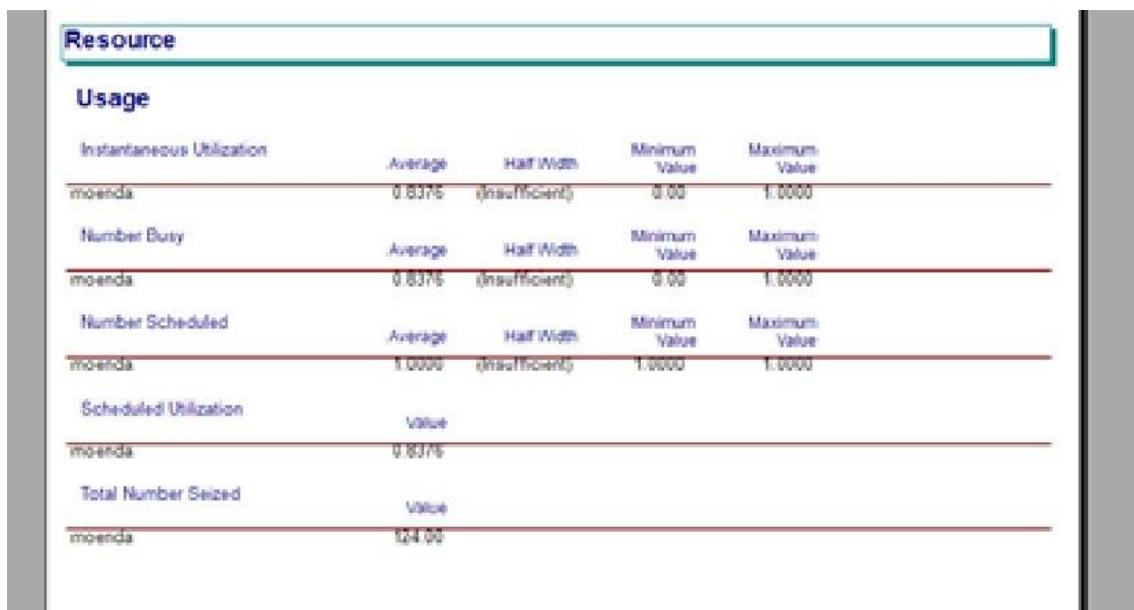
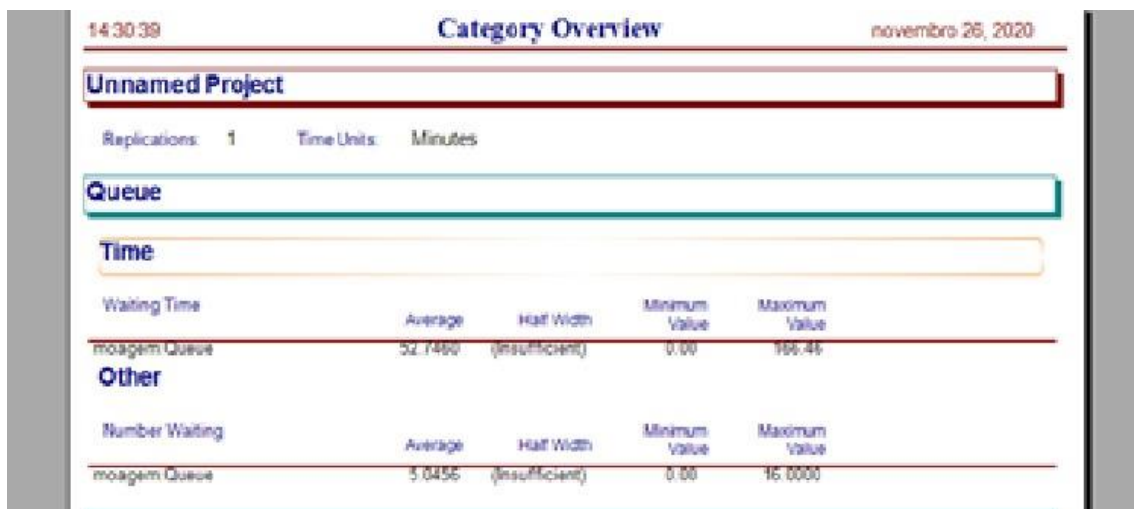
Já no Cenário 3, com uma logística de troca de área mais eficaz, com uma programação de hora de safra, manutenção preventiva, com equipamentos prontos para uma troca disponível, melhor capacitação mecânica, diminuindo a idade da frota, o software ARENA mostrou que seria possível atingir uma chegada média de 7 caminhões por hora na indústria, com um processamento de moagem de 392 toneladas moídas por hora, muito próximo da capacidade máxima de moagem da indústria, atingindo uma moagem de 8.008 toneladas por dia e superando a meta com 1.921.920 toneladas.

Assim sendo pode-se preparar uma colheita mais cedo para próxima safra, com cana mais forte, obtendo-se assim mais lucro para safra seguinte.

A seguir, apresenta-se os cenários construídos com o auxílio do software de simulação Arena.

Cenário 1 Atual





Relatório: number out =117(número de saída); waiting time = 23.68(tempo de espera); number waiting = 1.95(número de espera); scheduled utilization = 0.83. (utilização programada)

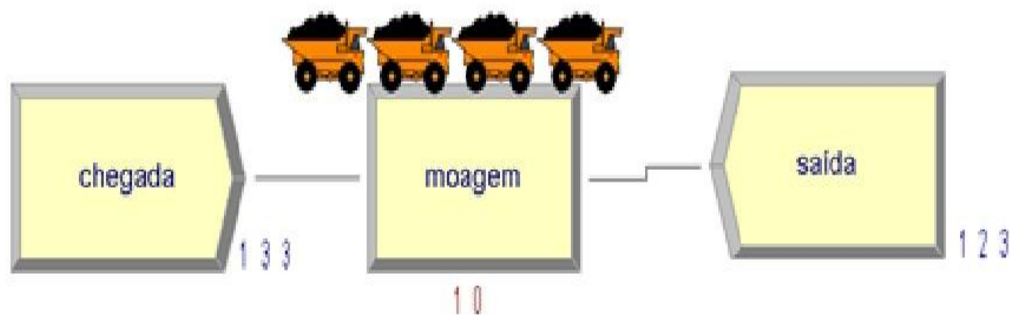
Chegada expo 12 minutos; moagem expression expo 8.6 minutos.

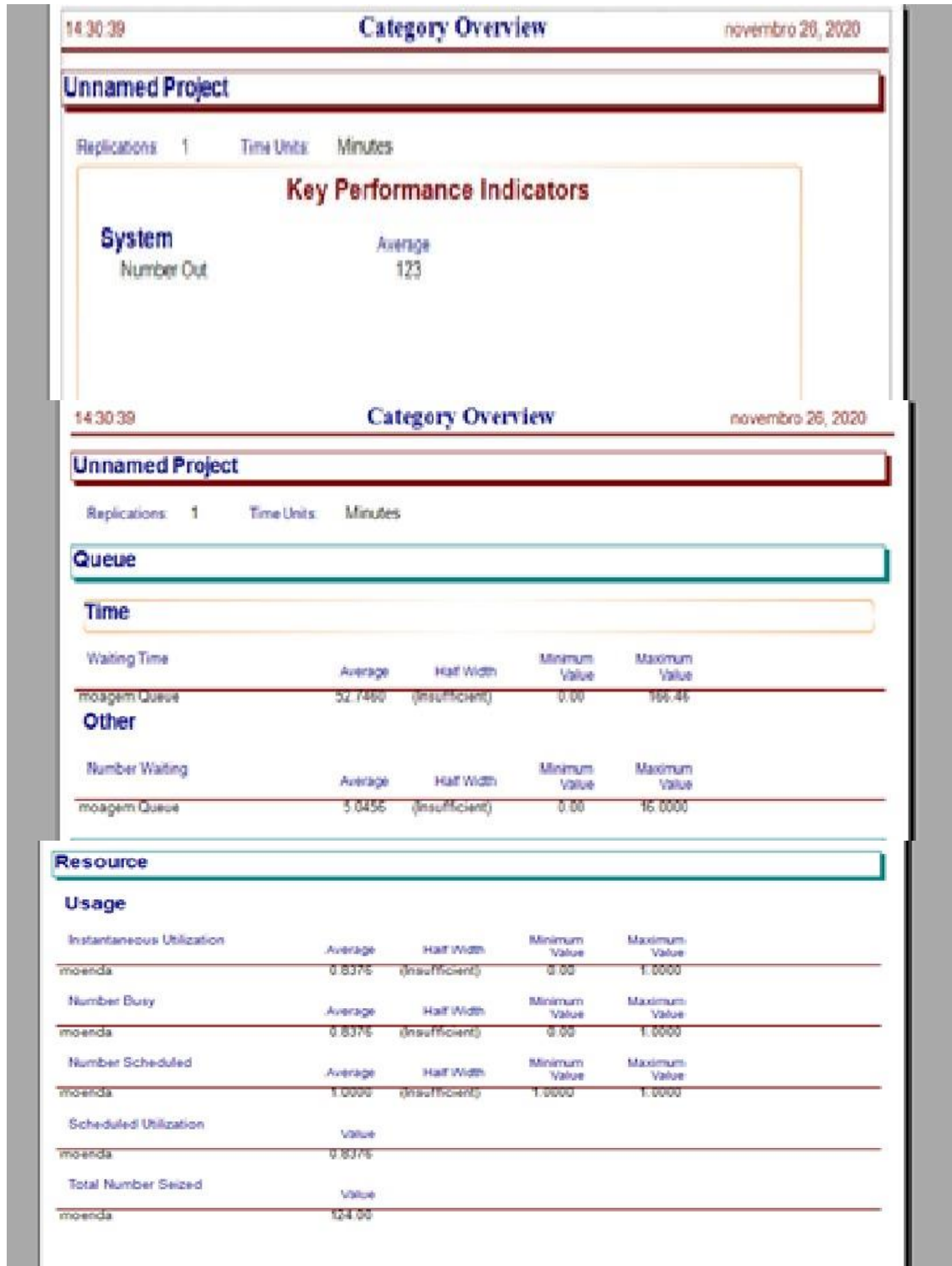
Neste cenário observa-se que a meta da safra 2020 não foi atingida. $56000 \times 117 = 6552$ toneladas moídas por dia .

$6552 \times 240 = 1.572.480$ toneladas moídas na safra 2020, não chegando a meta de 1.700.000.

| Chegada de caminhões por hora (Dia) | Moagem por hora | Média moída em 24 horas | Médias de toneladas moídas na safra neste cenário 1 | Total de Entidades que saíram no relatório cenário 1 | Tempo de espera no relatório 1 em 24 horas | Tempo médio em fila no relatório 1 | Taxa de utilização de funcionamento relatório 1 | meta de toneladas moídas na safra 2020 |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---|--|--|------------------------------------|---|--|
| 5 (56 toneladas cada 1) | 280 ton | 6.552 | 1.572.480 | 117 caminhões | 23.68 | 1.95 | 0.83 | 1.700.000 |

Cenário 2





Relatório cenário 2: number out = 123(número de saída); waiting time = 52.74(tempo de espera); number waiting = 5.04(número de espera); scheduled utilization = 0.83(utilização programada)

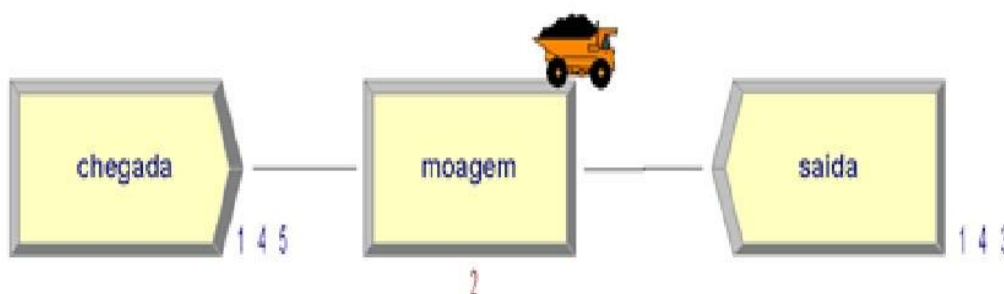
Chegada expo 10; moagem expression Expo 8.6.

Neste segundo cenário, observa-se que com uma melhor eficiência na colheita chega-se próximo da meta da safra 2020.

$56.000 \times 123 = 6.888$ $6888 \times 240 = 1.653.120$ meta safra 2020 = 1.700.000

| Chegada de caminhões por hora (Dia) | Moagem por hora | Média moída em 24 horas | Médias de toneladas moídas na safra neste cenário 2 | Total de Entidades que saíram no relatório cenário 2 | Tempo de espera no relatório 2 em 24 horas | Tempo médio em fila no relatório 2 | Taxa de utilização de funcionamento o relatório 2 | meta de toneladas moídas na safra 2020 |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---|--|--|------------------------------------|---|--|
| 6 (56 toneladas cada1) | 336 ton | 6.888.000 | 1.653.120 | 123 caminhões | 52.74 | 5.04 | 0.83 | 1.653.120 |

Cenário 3



| 14.47.10 | | Category Overview | | | novembro 26, 2020 | |
|---------------------------|---|-------------------|----------------|---------------|-------------------|--|
| Unnamed Project | | | | | | |
| Replications: | 1 | Time Units: | Minutes | | | |
| Queue | | | | | | |
| Time | | | | | | |
| Waiting Time | | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value | |
| moagem.Queue | | 24.1833 | (insufficient) | 0.00 | 81.4339 | |
| Other | | | | | | |
| Number Waiting | | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value | |
| moagem.Queue | | 2.4245 | (insufficient) | 0.00 | 9.0000 | |
| Resource | | | | | | |
| Usage | | | | | | |
| Instantaneous Utilization | | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value | |
| moenda | | 0.8878 | (insufficient) | 0.00 | 1.0000 | |
| Number Busy | | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value | |
| moenda | | 0.8878 | (insufficient) | 0.00 | 1.0000 | |
| Number Scheduled | | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value | |
| moenda | | 1.0000 | (insufficient) | 1.0000 | 1.0000 | |
| Scheduled Utilization | | Value | | | | |
| moenda | | 0.8878 | | | | |
| Total Number Seized | | Value | | | | |
| moenda | | 144.00 | | | | |

Relatório cenário 3: number out = 143(número de saída); Waiting time = 24.18(tempo de espera); Number waiting = 2.42(número de espera); scheduled utilization = 0.88.(utilização programada)

Chegada expo 8.6; moagem expression. Expo 8.6.

Observa-se que neste cenário 3 a meta da safra 2020 é superada, com 1.921.920 toneladas de cana moídas.

$$56.000 \times 143 = 8.008 \quad 8.008 \times 240 = 1.921.920$$

| Chegada de caminhões por hora (Dia) | Moagem por hora | Média moída em 24 horas | Médias de toneladas moídas na safra neste cenário 3 | Total de Entidades que saíram no relatório cenário 3 | Tempo de espera no relatório 3 em 24 horas | Tempo médio em fila no relatório 3 | Taxa de utilização de funcionamento relatório 3 | meta de toneladas moídas na safra 2020 |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---|--|--|------------------------------------|---|--|
| 7 (56 toneladas cada1) | 392TON | 8.008 | 1.653.120 ton | 143 caminhões | 24.18 | 2,42 | 0.88 | 1.921.920 |

Considerações Finais

Com o presente trabalho, concluímos que o tempo médio de chegada de cada caminhão no cenário 1 não foi possível atingir a meta anual da safra.

Observado os cenários 2 e 3, reduzindo o tempo de chegada de cada caminhão, melhorando a eficiência da colheita, torna-se possível aproximar e superar a meta anual da safra 2020.

O estudo demonstra as que possíveis soluções para a melhoria da eficiência e obtenção das metas de produção seriam: uma manutenção preventiva; trabalhar com estoque de peças; qualificar constantemente mecânicos e operadores; levar em consideração a idade da frota; uma logística moderna para que a matéria prima chegue rápido para não perder a qualidade até chegar na indústria.

Verificou-se também que o software ARENA pode ter papel fundamental nas soluções de problemas, identificando os gargalos e possibilitando a criação de cenários mais adequados no que diz respeito à produção de cana de açúcar e etanol. A simulação pode auxiliar no planejamento e controle da produção de cana de açúcar e etanol e apontar setores nos quais seja possível obter melhor eficiência na produção.

Referências

ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE RECEPÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DISCRETA. 02 AGO.2002.

DISPONÍVEL EM:

<[HTTP://WWW.SCIELO.BR/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S0104-530X2002000200002](http://WWW.SCIELO.BR/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S0104-530X2002000200002)>. ACESSO EM 04 DEZ.2020.

As vantagens da manutenção preventiva em colhedoras de cana. 21 dez.2018.

Disponível em:<<http://canaonline.com.br/conteudo/as-vantagens-da-manutenção-preventiva-em-colhedoras-de-cana.html>> Acesso em: 04 dez. 2020.

AGUILAR, S. M. S.; GUIMARÃES, I. F. G.; SCHUCHTER, D. C.; MENDES, L. G.

Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do software Arena 10.0 em uma empresa de transporte ferroviário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador. Anais... Salvador, BA: ENEGEP, 2009. p. 1-13.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de Sistemas** - com Aplicações em Arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

IANNONI, A. P. **Análise do sistema logístico de descarga de cana-de-açúcar:** um estudo de caso em uma grande usina na região de Ribeirão Preto. 2000. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

MORABITO, Reinaldo; IANNONI, Ana Paula. **ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE RECEPÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DISCRETA** . 02 ago. 2002. V.9, n.2, p.107-128

Pesquisa propõe plataforma de simulação de sistemas agrícolas brasileiros. 24 mai. 2018 Disponível em < <http://www.canaonline.com.br/conteudo/pesquisa-propoe-plataforma-de-simulacao-de-sistemas-agricolas-brasileiros.html>> Acesso em 04 dex.2020.

Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta. 29 nov.2010. Disponível em:<http://scielo.br/scielo.phpscript=_arttext&pidso104-530x2011000100006>. Acesso em: 04 dez. 20

ROCHA, Paulo Jorge da; MARQUES, Silva Sá. **Simulação de um Sistema Automático de Logística Interna para a Indústria de Calçado.** 2007. 137 p. Licenciatura (Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores)- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2007. Disponível em: <<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/11399/1/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 19 dez.2020.

SALABI. EDUARDO. **TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO: USO DA SIMULAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE MELHORIAS EM OPERAÇÕES LOGÍSTICA** . 01 JAN.1999. DISPONÍVEL EM<[HTTPS://WWW.ILOS.COM.BR/WEB/TECNOLOGIA-DE-INFORMACAO-USO-DA-SIMULACAO-PARA-OBTENCAO-DE-MELHORIAS-EM-OPERACOES-LOGISTICAS/](https://www.ilos.com.br/web/tecnologia-de-informacao-uso-da-simulacao-para-obtencao-de-melhorias-em-operacoes-logisticas/)>

Software de Inteligência Operacional aumenta a Produtividade. 02 ago. 2016. Disponível em:<<http://canalbionergia.com.br/software-de-inteligencia-operacional-aumenta-produtividade/>> Acesso em:04 dez.2020

SIMULANDO A MANUTENÇÃO. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.PARAGON.COM.BR/SIMULANDO-A-MANUTENCAO/](https://www.paragon.com.br/simulando-a-manutencao/)>. ACESSO EM: 04 DEZ.2020.

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS COM O SOFTWARE ARENA.19 mar.2017. Disponível em:<<http://multivix.edu.br/wp->

content/uploads/2018/08/simulacao-do-processo-de-beneficiamento-de-rochas-com-o-software-arena.pdf> Acesso em: 04 dez.2020.

SILVA, João Eduardo Azevedo Ramos da; ALVES, Maria Rita Pontes

Assumpção and COSTA, Miguel Antonio Bueno da. **Planejamento de turnos de trabalho: uma abordagem no setor sucroalcooleiro com uso de simulação discreta**. *Gest. Prod.* [online]. 2011, vol.18, n.1, pp.73-90.