

## **ESTUDO DE SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEL NA MESORREGIÃO MINEIRA DO ALTO PARANAÍBA**

**Gustavo Alves de Melo, Thiago Henrique Nogueira, Maria Gabriela Mendonça Peixoto, Rafaela Heloisa Carvalho Machado, Samuel Borges Barbosa**

ICET - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, UFV/CRP - Universidade Federal de Viçosa/*Campus* Rio Paranaíba  
Km 7 – Zona Rural, MG-230, Rodoviário, CEP 38810-000, Rio Paranaíba/MG, Brasil.  
gustavo\_melocp@hotmail.com, thiago\_ufmg@yahoo.com.br,  
mgabi\_adm@yahoo.com.br, rafaela.h.machado@gmail.com,  
osamuelbarbosa@gmail.com

**Maria Cristina Angélico Mendonça**

DGA - Departamento de Gestão Agroindustrial, UFLA - Universidade Federal de Lavras  
*Campus* Universitário, Centro, CEP 37200-000, Lavras/MG, Brasil.  
mariacam@dga.ufla.br

**Fátima Machado de Souza Lima**

Escola de Engenharia, UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais/*Campus* Pampulha  
Av. Antônio Carlos, 6627, Bairro Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte/MG, Brasil.  
fatimamsouzalima@gmail.com

### **RESUMO**

Este estudo contemplou uma análise para a implantação de um posto de combustíveis em um município da mesorregião mineira do Alto Paranaíba. Dessa forma, teve por objetivo determinar a quantidade ótima de funcionários, bombas de abastecimento, lavatórios e calibradores conforme o critério de maximização de lucro líquido, e em segundo plano, a minimização de perdas de clientes. Assim, foram utilizadas técnicas de simulação da produção a partir do *software Simul8* a fim de fundamentar a pesquisa. Além disso, o estudo caracterizou-se por representar um estudo de caso e por seguir os padrões de uma pesquisa quantitativa. Frente a isso, como resultados obtidos, a melhor configuração de cenário simulado correspondeu a um total de 4 funcionários, 5 bombas de abastecimento, 3 lavatórios e 1 calibrador que gerou uma quantia de lucro líquido na ordem de R\$ 274.050,29.

**PALAVRAS-CHAVE.** Simulação, Posto de combustível, Lucro Líquido.

**Tópicos:** Estudo de simulação da produção, Simulação aplicada ao dimensionamento de postos de combustíveis.

### **ABSTRACT**

This study contemplated an analysis for the implementation of a station of combustible in a municipality in the Minas Gerais region of Alto Paranaíba. Thus, it aimed to determine the optimal number of employees, supply pumps, washbasins and calibrators according to the criterion of maximizing net profit, and in the background, minimizing customer losses. Thus, production simulation techniques using the Simul8 software were used to support the research. In addition, the study was characterized by representing a case study and by following the standards of quantitative research. In view of this, as the results obtained, the best simulated scenario configuration corresponded to a total of 4 employees, 5 supply pumps, 3 washbasins and 1 calibrator that generated an amount of net profit in the order of R\$ 274,050.29.

**KEYWORDS.** Simulation, Station of combustible, Net profit.

**Paper topics:** Production simulation study, Simulation applied to the sizing of stations of combustible.

## 1. Introdução

A simulação de eventos discretos tendo como base a modelagem a partir de filas de espera, contempla a modificação de estado do sistema apenas no instante de ocorrência de um evento, sendo que nos demais instantes o sistema não sofre alterações [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018]. Além disso, os sistemas reais, geralmente, apresentam uma maior complexidade em razão de suas naturezas dinâmica e aleatória [Zeigler et al. 2018]. Desta maneira, a simulação de processos representa um caminho promissor para a representação da realidade observada, de forma a reproduzir em uma máquina o comportamento do sistema de acordo com as mesmas restrições de contorno [Wainer, 2017], [Zeigler et al. 2018], [Traoré et al. 2019].

Em um contexto atual, a simulação de processos se faz ativamente participativa em diversos setores como aliada na resolução de problemas e elevação de níveis produtivos [Wainer 2017]. Dentre seus diversos meios de aplicação, a simulação pode ser utilizada na modelagem de serviços em portos e aeroportos, bancos, cadeias logísticas, centrais de atendimento, postos de combustíveis, hospitais, supermercados, dentre outros [Zeigler et al. 2018], [Traoré et al. 2019]. No que se refere à metodologia de atuação, a simulação de processos segue um padrão determinado por três etapas, a saber, concepção, implementação e análise [Traoré et al. 2019].

Na etapa de concepção, o analista de simulação deve compreender de maneira clara o sistema a ser simulado bem como seus objetivos [Wainer 2017]. Além disso, seções de *brainstorming* podem auxiliar na definição do escopo do modelo, de suas hipóteses e de seu nível de detalhamento [Wainer 2017]. Na fase de implementação, há a conversão de um modelo conceitual em um modelo computacional [Wainer 2017]. Neste sentido *softwares* são utilizados a fim de nortear a análise de simulação, sendo uma etapa responsável por 20% a 30% do tempo total de análise [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018]. Na fase final de análise, o modelo computacional está pronto para a realização de experimentos, originando o modelo operacional [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018].

Frente a isso, o estudo realizou uma análise de simulação para a possível implantação de um posto de combustíveis em um município da mesorregião mineira do Alto Paranaíba. Dessa forma, este teve por objetivo determinar a quantidade ótima de funcionários, bombas de abastecimento, lavatórios e calibradores para que o lucro líquido fosse maximizado. A partir disso, com a utilização do *software Simul8*, foram avaliados diferentes cenários considerando a quantidade de recursos disponíveis e o tempo de funcionamento do posto de combustível. Além disso, foram consideradas a quantidade de perdas de clientes para a escolha da melhor configuração de cenário simulado.

## 2. Contextualização do setor de combustíveis no Brasil

O setor de abastecimento de combustíveis contempla o mercado varejista que comercializa combustíveis fósseis e biocombustíveis [Costa 2020]. Além disso, o modal rodoviário é caracterizado por ser uma das opções de transporte mais difundidas no país, o que explica a grande relevância da implantação de uma cadeia de abastecimento de combustíveis consistente [Almeida et al. 2020], [Costa 2020]. Diante a isso, dentre os principais serviços oferecidos pelas empresas do setor estão o abastecimento, troca de óleo, calibragem, lavagem de veículos e operações de loja de conveniência [Praks et al. 2015].

Além disso, o mercado de combustíveis é caracterizado por apresentar uma grande dispersão geográfica, uma logística complexa e, sobretudo, por representar um forte polo empregatício no país, em torno de meio milhão de pessoas [Costa 2020]. Dessa maneira, estudos sobre este setor revelam uma forte competitividade por preços, entretanto, devido a existência de um certo grau de similaridade entre estes, questões como a otimização de recursos e redução de custos se tornam essenciais [Sampaio e Sampaio 2013], [Almeida et al. 2020], [Costa 2020]. Cabe lembrar que fatores relacionados a influência geográfica como a distância entre produção e mercados consumidores, a localização de portos, condições climáticas e preço internacional do

açúcar são determinantes para ditar o ritmo do comércio de combustíveis no país [FGV Energia 2020].

Em se tratando do impacto da capacidade produtiva de petróleo e derivados no país, vale ressaltar o grande número de exportações praticadas para o petróleo cru e, em oposição, o crescente aumento das importações de derivados. Além disso, dados da [Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP 2020] também indicam um aumento crescente na importação de etanol e, paralelamente, grandes impasses relacionados à efetivação de processos logísticos especialmente na acomodação de derivados em portos. Tais fatos revelam uma acomodação do país perante o comércio de combustíveis no exterior de forma a mascarar sua incapacidade de refino de todo o petróleo extraído bem como seus dilemas no setor logístico.

### 3. Ferramentas e técnicas de simulação da produção

A simulação de processos corresponde a um conjunto variado de métodos que buscam reproduzir o comportamento de sistemas reais utilizando-se de ferramentas computacionais [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018], [Traoré et al. 2019]. Diante a isso, os sistemas reais configuram-se como partes que operam de forma conjunta em prol de um objetivo comum [Wainer 2017]. Assim, os modelos surgem como uma representação consistente dos diversos componentes de um sistema [Zeigler et al. 2018]. Dentre os tipos de modelos existentes há modelos simbólicos, analíticos e de simulação [Zeigler et al. 2018]. Entretanto, os modelos de simulação se destacam pela possibilidade de captura de um sistema real, seja de natureza aleatória ou dinâmica [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018], [Traoré et al. 2019].

Além disso, na modelagem de processos produtivos a criação de representações conceituais pode auxiliar no entendimento e otimização de resultados [Wainer 2017], [Zeigler et al. 2018], [Traoré et al. 2019]. Dessa maneira, o Diagrama de Ciclo de Atividades (DCA) corresponde a uma forma clara e objetiva de modelagem conceitual [Wainer 2017]. Este que é composto pelo sequenciamento de entidades de um sistema, com a alternância entre filas de espera e atividades [Traoré et al. 2019]. Cabe ressaltar a diferença entre estes, uma vez que as atividades apresentam tempos de execução e são descritas por distribuições de probabilidade, já as filas representam elementos passivos do DCA sendo necessariamente utilizada uma fila para cada tipo de entidade [Wainer 2017], [Traoré et al. 2019].

No que se refere aos programas utilizados em processos de simulação, o *software Simul8* apresenta uma grande aceitação por parte dos usuários [Chwif et al. 2017]. Além disso, este se destaca pela facilidade de uso e implementação de modelos conceituais, gerando resultados em tempo real [Chwif et al. 2017]. Vale ressaltar a importância de realização de uma configuração efetiva e detalhada a fim de representar com maior acurácia a realidade estudada [Chwif et al. 2017], [Wainer 2017]. Para tanto, questões como o tempo de simulação, o período de aquecimento (*Warm Up*) do sistema bem como uma alocação correta de recursos para cada atividade são fundamentais para o alcance de resultados satisfatórios [Chwif et al. 2017], [Wainer 2017]. Em se tratando de modelos formados por diferentes caminhos, há também a possibilidade de criação de códigos de programação a fim de direcionar de maneira lógica os agentes do sistema [Chwif et al. 2017], [Wainer 2017].

### 4. Simulação da produção aplicada ao setor de abastecimento de combustíveis

Os postos de combustíveis demonstram processos repetitivos realizados por recursos, que podem ser humanos ou materiais, alocados em postos de trabalho [Costa 2020]. Tais sistemáticas são cenários para técnicas de modelagem e simulação que buscam caracterizar a estrutura do sistema estudado e a interação entre as entidades, além de relatar as operações [Almeida et al. 2020]. Tal fato torna relevante a simulação de processos para a avaliação e otimização de desempenho de um sistema [Almeida et al. 2020]. O uso da simulação ocorre na fase de planejamento de investimentos, ou antes de inovações no ambiente de operação, uma vez que ela antecipa os resultados das possíveis ações adotadas [Bastos et al. 2017], [Costa 2020].

Entre seus benefícios se encontram a avaliação de investimentos de acordo com seus retornos futuros e a estratégia tecnológica da empresa [Bastos et al. 2017], [Almeida et al. 2020].

Em relação ao uso da simulação de processos aplicados no setor de abastecimento de combustíveis, [Bastos et al. 2017] consideram que simuladores são recursos relevantes para a engenharia pois sustentam as escolhas por investimentos portadores de viabilidade econômica e operacional. Assim, os autores buscaram averiguar possíveis modificações e suas consequências nas variáveis de *input* nos processos de uma empresa do setor de abastecimento por meio de um *software* de domínio público, denominado *BOAST (Black Oil Applied Simulation)*. Já [Zhang et al. 2019] propõem um modelo de simulação múltipla com base em amostras de Monte Carlo para o estudo das variações de preço e demanda para a compra de gás natural.

Além destes estudos, [Shafiei et al. 2016] realizam uma análise do mercado de biocombustíveis e suas perspectivas para o avanço crescente da frota de veículos a partir de um modelo integrado *System Dynamics* de sistemas de energia e transportes na Islândia com base na avaliação de dois cenários simulados. [Praks et al. 2015] apresentam um modelo probabilístico com base em simulações de Monte-Carlo e implementado na ferramenta *ProGasNet* a fim de avaliar a segurança de suprimento em uma rede de gás. Por fim, [Almeida et al. 2020] buscam desvendar através de métodos de simulação de eventos discretos o dimensionamento de baias de carregamento de combustíveis claros em uma base de distribuição. Frente a isso, o foco do estudo se ateve à geração de menores filas na base, redução dos custos logísticos e contenção da ruptura de estoques [Almeida et al., 2020].

## 5. Metodologia

Os estudos de caráter científico contemplam a aplicação prática de técnicas e procedimentos utilizados por um pesquisador a fim de contribuir para uma área específica de conhecimento [Willmott 2020]. Além disso, cabe ao pesquisador a escolha do tema e metodologia de análise bem como a coleta e avaliação de resultados [Kumar 2019], [Willmott 2020]. Diante a isso, é importante que as etapas sejam dispostas de maneira clara e objetiva, seguindo os padrões de lógica assumidos desde o início do estudo. Segundo [Kumar 2019], a pesquisa científica trata-se de um procedimento pautado em sistematizações de alto controle que possibilitam a descoberta de novos fatos ou dados em diversos campos de conhecimento.

Dessa forma, este estudo teve uma abordagem quantitativa uma vez que adotou uma análise de variáveis numéricas sob uma perspectiva de técnicas estatísticas e de simulação [Kumar 2019]. Além disso, o estudo apresentou cunho analítico pois utilizou-se de uma análise mais aprofundada sobre as informações coletadas e suas relações com a variação de cenários simulados [Willmott 2020]. Vale ressaltar que este correspondeu a um estudo de caso por realizar uma aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas de interesse social [Kumar 2019], [Willmott 2020].

Cabe lembrar que o estudo foi realizado com o auxílio de observações diretas para a coleta de informações sobre o fluxo de veículos inerente ao local de possível implantação. Além disso, através de seções de *brainstorming* foram definidas as restrições do modelo simulado, visando a melhoria do fluxo de clientes no posto e de maneira geral o aumento do lucro líquido gerado. De acordo com [Bonnardel e Didier 2020], o *brainstorming* representa uma técnica grupal que incentiva a capacidade criativa para a geração de novas ideias.

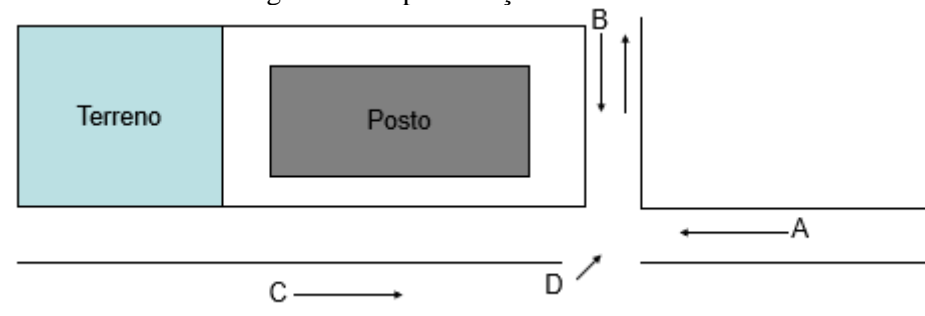
No que se refere às demais etapas de pesquisa, este estudo contemplou a simulação de vinte cenários em cada uma das duas situações analisadas. Dessa maneira, foi desenvolvido com o auxílio do *software Simul8* o Diagrama de Ciclo de Atividades (DCA) para o modelo simulado. Frente a isso, foram realizadas simulações a cada variação realizada no número de recursos disponíveis, sendo os dados tabulados para uma análise posterior. Assim, ao final do processo de simulação foram comparadas as respostas obtidas por cada cenário a fim de encontrar o ótimo local de cada situação apresentada. Por fim, foram comparadas as duas situações apresentadas a partir da melhor configuração de cenário obtida em cada uma destas. Vale ressaltar a realização

de uma análise de sensibilidade como forma de obter uma representação mais clara dos resultados bem como promover uma tomada de decisões mais ágil neste sentido. Além disso, foram coletados e tabulados os números de perdas do sistema para cada cenário, fato que permitiu uma análise complementar visando a identificação da melhor configuração simulada.

## 6. Resultados e Discussões

O estudo de simulação da produção foi aplicado para o dimensionamento de um posto de combustíveis a ser localizado em um município da mesorregião mineira do Alto Paranaíba. Sendo assim, o local de possível instalação foi avaliado com base nos fluxos de veículos observados, conforme ilustrado na Figura 1. Dessa forma, os carros podem passar em frente ao posto a partir dos fluxos A, B e C. Estes que foram simulados utilizando-se uma distribuição exponencial de 10, 30 e 12 segundos respectivamente para o intervalo de chegada de veículos. Além disso, foram considerados que apenas 15% dos carros realizam o retorno em D e que apenas 10% dos veículos que passam em frente ao posto entram para realizar algum tipo de serviço.

Figura 1 – Representação dos fluxos de veículos.



Fonte: Autores, 2020.

Frente a isso, ao entrarem no posto os veículos podem abastecer, calibrar os pneus, ou utilizar o lava jato. O processo de abastecimento pode ser realizado em qualquer uma das bombas de combustível, caso haja mais de uma, e a fila de acesso a essas bombas é uma fila única de veículos para cada bomba. Ao acessar uma das bombas o veículo deve aguardar um funcionário para realizar a programação da máquina. Após a programação o funcionário é liberado e o cliente deve aguardar o abastecimento automático, atividade cuja duração depende do volume abastecido. A bomba termina o abastecimento automaticamente e, em seguida, o cliente deve aguardar o funcionário para realizar a cobrança e a retirada da mangueira do veículo. O processo de calibração dos pneus é realizado pelo próprio cliente em um local reservado, não necessitando de funcionários. O processo de lavagem necessita de um funcionário para realizar todo o processo.

Além dessas premissas, foi considerado um lucro bruto na ordem de R\$0,30/litro gerado por cada cliente no processo de abastecimento, um lucro bruto de lavagem de veículos de R\$8,00/veículo e o processo de calibração sendo gratuito. Frente a isso, considerou-se também que apenas 70% dos veículos que entram no posto realizam somente o abastecimento, apenas 15% abastecem e lavam, 5% abastecem, lavam e calibram os pneus, 5% só lavam e 5% só calibram. As atividades de abastecimento, lavagem e calibragem foram simuladas com as distribuições exponencial (3) minutos, normal (13, 3) minutos, triangular (2, 3, 4) minutos, respectivamente.

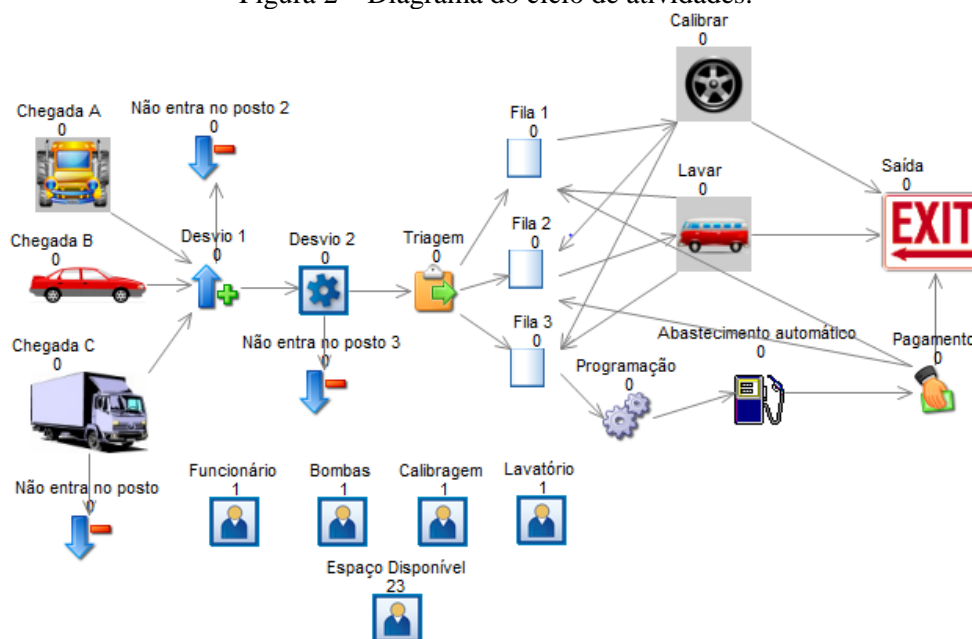
A área destinada ao posto tem uma extensão de 150 m<sup>2</sup> para acomodação dos veículos. Cada veículo ocupa um espaço médio de 6 m<sup>2</sup> e cada bomba de abastecimento um espaço de 8 m<sup>2</sup>. Quando o posto está cheio as novas chegadas de clientes são perdidas. Além disso, há a

possibilidade de aquisição de um terreno adicional de área útil de 80 m<sup>2</sup> e valor de R\$130.000,00, que pode ser utilizado tanto para alocar bombas quanto para acomodar clientes. No que corresponde à disposição de recursos, ao inserir um novo lavatório ou um novo calibrador, não é perdido parcelas de espaços disponíveis, já que para a realização destes serviços os utensílios para realização da atividade ficam em torno dos veículos. O tempo para programar a bomba de combustíveis e para retirar a mangueira e realizar o pagamento foram desprezados no processo de simulação.

No que se refere às tarefas dos funcionários (frentistas), estes podem desempenhar o abastecimento e a lavagem paralelamente sem estar fixos a uma tarefa específica. Além disso, foi estipulado um valor para o salário de cada um destes funcionários, conforme a média salarial apresentada por [Salário 2020], na ordem de R\$1.300,00/mês. Cabe lembrar que o posto, de acordo com a simulação realizada, inicia o expediente de trabalho às 08:00h e tem um único turno de 12 horas, operando 7 dias por semana. O *Warm-up* praticado foi de quatro meses para considerar um Nível de Serviço (NS) de aproximadamente 95,00 %. O *Warm-up* trata-se de um período de aquecimento cujo seu objetivo é eliminar as influências das condições iniciais do sistema sobre os resultados da simulação [Chwif et al. 2017]. Por fim, foi estipulado que após a entrada dos clientes no posto, os mesmos direcionam-se para os serviços de menores filas.

A partir do *software Simul8* foi desenvolvido o Diagrama do Ciclo de Atividades (DCA) em que foi possível a verificação dos possíveis percursos de clientes dentro das possibilidades de serviços que o posto oferece. Desta forma, as restrições de entrada de clientes foram abordadas nos objetos “Chegada C”, “Desvio 1” e “Desvio 2”, sendo encaminhados aos objetos “Não entra no posto”, “Não entra no posto 2” e “Não entra no posto 3” para a liberação destes no sistema conforme a Figura 2. Assim, após o refinamento de entrada do número de clientes, estes passam por um processo de triagem tendo a possibilidade de escolha de qual das três atividades realizar (“Calibrar”, “Lavar”, “Abastecimento automático”). Após a realização de alguma destas, os clientes podem retornar para outras filas para a realização de outras atividades ou podem deixar o posto.

Figura 2 – Diagrama do ciclo de atividades.



Fonte: Autores, 2020.

Em relação aos recursos disponíveis, ainda conforme a Figura 2 estes se tratam dos funcionários (frentistas), bombas (quantidade de bombas), calibragem (quantidade de calibradores), lavatórios (quantidade de lavatórios) e espaço disponível. Dessa maneira, as atividades que demandam os serviços dos funcionários consistem na lavagem, programação para abastecimento e o recebimento do pagamento de clientes. Já os recursos referentes às bombas, calibradores e lavatórios estão associados às suas atividades propriamente ditas. Vale ressaltar o recurso “Espaço Disponível” que conforme a simulação realizada é atualizado em tempo real caso ocorra a entrada ou saída de clientes. Além disso, este recurso considera a variação do número de bombas existentes e a possibilidade de compra do novo terreno, uma vez que bombas e carros ocupam determinadas áreas anteriormente citadas.

Com relação ao lucro líquido gerado pelo empreendimento, este foi calculado utilizando-se os dados de variados cenários em cada situação abordada. Sendo assim, o cálculo foi realizado conforme a equação 1:

$$LLíqd = \left(\frac{TA}{5} * LC\right) + (NC * PC) - (NF * SL) \quad (1),$$

onde *LLíqd* é o lucro líquido calculado; *TA* o tempo de abastecimento total; *LC* o lucro por litro de combustível; *NC* o número de carros lavados; *PC* o preço unitário de carros lavados; *NF* o número de funcionários e *SL* o salário de cada funcionário. É importante ressaltar que o tempo de abastecimento *TA* foi dividido por 5 pois considerou-se que para cada litro ser abastecido, este demandava um tempo de 5 segundos. Dessa forma, a situação I foi calculada fixando a quantidade de lavatórios e calibradores em uma unidade de recurso, alternando a quantidade de bombas e funcionários, como mostra a Tabela 1. Além disso, esta não abordou a possibilidade de aquisição do novo terreno.

Tabela 1 - Situação I.

Cenários	F*	B*	L*	C*	CA*	CC*	CL*	TA*	Litros	Lucro Líquido
1	1	1	1	1	4723	514	1327	848.514,0	169702,80	R\$60.226,84
2	2	1	1	1	7407	845	2095	1.327.339,0	265467,80	R\$93.800,34
3	3	1	1	1	7407	845	2095	1.327.339,0	265467,80	R\$92.500,34
4	4	1	1	1	7407	845	2095	1.327.339,0	265467,80	R\$91.200,34
5	1	2	1	1	5943	683	1705	1.057.198,7	211439,70	R\$75.771,92
6	2	2	1	1	7406	845	2095	1.328.060,0	265612,00	R\$93.843,60
7	3	2	1	1	7406	845	2095	1.328.060,0	265612,00	R\$92.543,60
8	4	2	1	1	7406	845	2095	1.328.060,0	265612,00	R\$91.243,60
9	1	3	1	1	6386	738	1841	1.136.068,0	227213,60	R\$81.592,08
10	2	3	1	1	7405	845	2095	1.327.407,0	265481,40	R\$93.804,42
11	3	3	1	1	7405	845	2095	1.327.407,0	265481,40	R\$92.504,42
12	1	4	1	1	6581	754	1904	1.168.718,0	233743,60	R\$84.055,08
13	2	4	1	1	7399	845	2095	1.334.189,0	266837,80	R\$94.211,34
14	3	4	1	1	7399	845	2095	1.334.189,0	266837,80	R\$92.911,34
15	1	5	1	1	6732	763	1946	1.201.823,0	240364,60	R\$86.377,38
16	2	5	1	1	7399	844	2095	1.307.267,0	261453,40	R\$92.596,02
17	3	5	1	1	7399	844	2095	1.307.267,0	261453,40	R\$91.296,02
18	1	6	1	1	6709	761	1951	1.200.681,0	240136,20	R\$86.348,86
19	2	6	1	1	7394	843	2095	1.328.261,0	265652,20	R\$93.855,66
20	3	6	1	1	7394	843	2095	1.328.261,0	265652,20	R\$92.555,66

F\*- Funcionários; B\*- Bombas; L\*- Lavatórios; C\*- Calibradores; CA\*- Carros Abastecidos; CC\*- Carros Calibrados; CL\*- Carros Lavados; TA\*- Tempo de Abastecimento.

Fonte: Autores, 2020.

Frente a isso, conforme os cenários apresentados pela Tabela 1, a configuração do cenário 13 representou a alternativa de maior lucro líquido para a situação I. Neste cenário foram considerados 2 funcionários, 4 bombas, 1 lavatório e 1 calibrador. No caso dos cenários 13 e 14 para a situação I, estes apresentaram os mesmos valores para as variáveis CA, CC e CL, entretanto o que os difere é a quantidade de funcionários considerados. Além disso, o maior valor observado para estas variáveis foi dos cenários 2, 3 e 4, no entanto, novamente a quantidade de funcionários somado à quantidade de bombas foram determinantes para a sobreposição do cenário 13.

A situação II foi calculada alternando a quantidade dos quatro recursos em análise: bombas, calibradores, lavatórios e funcionários, conforme a Tabela 2. Além disso, considerou a possibilidade de ampliação do terreno com a aquisição de um lote. Dessa maneira, para fins de financiamento e aquisição do novo terreno foram calculadas as parcelas para o pagamento deste conforme a equação (2):

$$A = P * \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (2),$$

onde  $A$  é o valor de cada parcela,  $P$  é o Principal,  $i$  a taxa de juros e  $n$  o horizonte de financiamento em meses. A taxa de juros utilizada foi 15% a.a. Dessa maneira, o financiamento de R\$ 130.000,00 será pago através de um financiamento de 5 anos, isto é, de 60 meses, com parcelas de R\$ 3.028,70 mensais, a uma taxa de juros compostos de 1,1714 % a.m. Por fim, o lucro líquido obtido para a situação II em cada cenário foi calculado a partir da equação (3). Esta que se difere da equação (1) apenas pela subtração do componente  $A$ , correspondente ao valor das parcelas do financiamento do novo terreno.

$$LLíquid = \left(\frac{TA}{5} * LC\right) + (NC * PC) - (NF * SL) - A \quad (3).$$

Sendo assim, a maior variabilidade de recursos possibilitou uma ampliação do número de clientes atendidos e, conseqüentemente, um aumento da receita e do lucro líquido, como mostra a Tabela 2. Frente a isso, foi observado um significativo aumento do lucro líquido após a introdução da segunda bomba de abastecimento, sendo que a partir da terceira bomba a variação no lucro líquido foi relativamente pequena. No caso da variável  $C^*$ , calibradores, esta se apresentou inalterada na maioria dos cenários simulados visto que a atividade de calibrar os pneus não contribui para a geração de receitas no posto.

Tabela 2 - Situação II.

Cenários	F*	B*	L*	C*	CA*	CC*	CL*	TA*	Litros	Lucro Líquido
1	1	1	1	1	4604	491	1334	821.842,70	164368,50	R\$ 55.653,86
2	2	1	1	1	7610	803	2088	1.363.765,10	272753,00	R\$ 92.901,21
3	3	1	1	1	7610	803	2088	1.363.765,10	272753,00	R\$ 91.601,21
4	1	2	1	1	5924	648	1690	1.072.004,00	214400,80	R\$ 73.511,54
5	2	2	1	1	7605	803	2088	1.336.087,50	267217,50	R\$ 91.240,55
6	3	2	1	1	7605	803	2088	1.336.087,50	267217,50	R\$ 89.940,55
7	1	2	2	1	5938	649	1692	1.065.812,20	213162,40	R\$ 73.156,03
8	2	2	2	1	10884	1150	3030	1.941.274,80	388255,00	R\$ 135.087,79
9	3	2	2	1	15247	1620	4190	2.728.259,00	545651,80	R\$ 190.286,84
10	4	2	2	1	15247	1620	4190	2.728.259,00	545651,80	R\$ 188.986,84
11	3	3	2	2	15247	1620	4190	2.714.746,00	542949,20	R\$ 189.476,06
12	4	3	2	2	15247	1620	4190	2.714.746,00	542949,20	R\$ 188.176,06

13	4	3	3	2	21600	2293	5915	3.900.298,00	780059,60	R\$ 273.109,18
14	4	4	3	2	21637	2299	5925	3.825.473,50	765094,70	R\$ 268.699,71
15	4	4	3	1	21637	2299	5925	3.869.549,10	773909,80	R\$ 271.344,25
16	5	4	3	1	21637	2299	5925	3.869.549,10	773909,80	R\$ 270.044,25
17	5	5	3	1	21637	2296	5922	3.915.049,90	783010,00	R\$ 272.750,29
18	4	5	3	1	21637	2296	5922	3.915.049,90	783010,00	R\$ 274.050,29
19	3	5	3	1	18860	1994	5148	3.360.426,00	672085,2	R\$ 235.880,86
20	4	6	3	1	21600	2293	5915	3.824.985,00	764997,00	R\$ 268.590,40

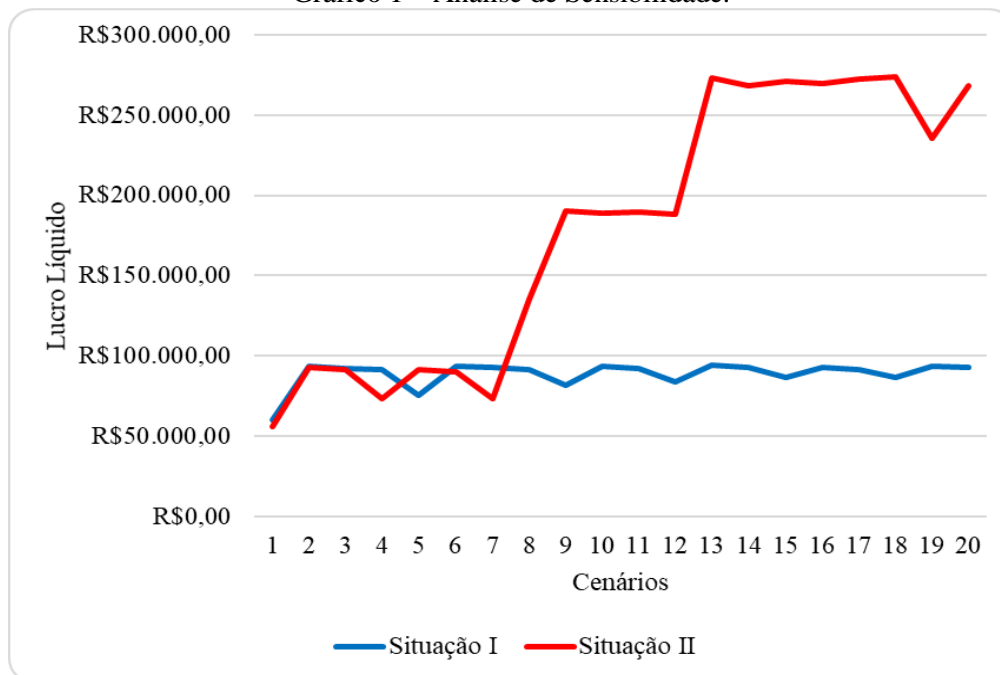
F\*- Funcionários; B\*- Bombas; L\*- Lavatórios; C\*- Calibradores; CA\*- Carros Abastecidos;  
CC\*- Carros Calibrados; CL\*- Carros Lavados; TA\*- Tempo de Abastecimento.

Fonte: Autores (2020).

Ainda de acordo com a Tabela 2, o cenário 18 compreendeu a melhor configuração para a situação II, sendo formado por 4 funcionários, 5 bombas de abastecimento, 3 lavatórios e 1 calibrador. Neste foi verificado a maior quantidade de carros abastecidos (CA\*) mesmo em relação ao cenário 20 que apresentou 6 bombas, fato que indica a influência do recurso espaço disponível para a maior mobilidade e atendimento eficaz de clientes. Além disso, o cenário 18 para a situação II apresentou um lucro líquido na ordem de R\$ 274.050,29, aproximadamente 3 vezes maior que o cenário 13 simulado na situação I. Isto revela a importância da flexibilidade na disposição de recursos, em especial para a variável lavatórios (L\*), que tendo participação ativa nas receitas variou em até 3 unidades, impactando de forma positiva para o aumento do lucro líquido.

Em se tratando da escolha da melhor situação foi realizado uma análise de sensibilidade representada pelo Gráfico 1. Nesta foram contemplados apenas os valores dos lucros líquidos observados para os 20 cenários simulados em cada situação. Além disso, a realização desta análise representou uma forma clara e objetiva de apresentação dos resultados, contribuindo para a interpretação da relação existente entre a variação de recursos e geração de lucro.

Gráfico 1 – Análise de Sensibilidade.



Fonte: Autores, 2020.

De acordo com o Gráfico 1, foi possível perceber a ocorrência de oscilações com valores próximos de lucro líquido no intervalo compreendido entre os cenários 1 e 7. Nestes foram utilizados de até 2 bombas de abastecimento e de até 2 lavatórios. Além disso, neste intervalo a variação do número de funcionários (frentistas) foi responsável em grande parte pelas oscilações entre as duas situações analisadas. A partir do cenário 8, em que houveram adições constantes nas variáveis  $F^*$ ,  $B^*$  e  $L^*$  para a situação II, foi verificado um *gap* elevado entre as duas situações simuladas. Ou seja, a partir do oitavo cenário simulado, o lucro líquido obtido para os cenários da situação I passaram a corresponder, aproximadamente, a metade ou até um terço do lucro líquido dos cenários da situação II. Desta maneira, pôde-se perceber a viabilidade de aquisição do novo terreno no intervalo entre os cenários 8 e 20. Entretanto, conforme os valores ressaltados pelas Tabelas 1 e 2, as simulações realizadas objetivam encontrar a configuração de maior retorno financeiro, sendo assim escolhida a configuração do cenário 18 referente a situação II simulada.

Cabe lembrar outro fator determinante para a escolha da melhor configuração de cenário, ou seja, uma análise baseada no número de perdas de clientes. Frente a isso, tais perdas correspondem aos veículos que não entraram no posto conforme o processo de refinamento do número de clientes abordado pela Figura 2. Dessa maneira, a Tabela 3 mostra com precisão a quantidade desta parcela de veículos.

Tabela 3 – Número de clientes perdidos.

Cenário	Perdas I	Perdas II	Cenário	Perdas I	Perdas II
1	13732	14072	11	11695	5225
2	11686	11517	12	12311	5225
3	11686	11517	13	11691	66
4	11686	12971	14	11691	39
5	12813	11516	15	12175	38
6	11695	11516	16	11684	38
7	11695	12955	17	11699	53
8	11695	8861	18	12196	53
9	12477	5231	19	11680	2227
10	11695	5231	20	11680	69

Fonte: Autores, 2020.

Conforme indicado pela Tabela 3, o número de perdas para a situação I representado pelas colunas “Perdas I” apresentou um comportamento semelhante com pequenas oscilações de valor em todos os vinte cenários simulados. Tal fato revela a importância da simulação quanto a variação na disponibilidade de recursos a fim de encontrar uma configuração lucrativamente mais vantajosa. Sendo assim, com a variação de todos os recursos disponíveis conforme realizado pelos cenários da situação II pode-se observar uma redução drástica no número de clientes perdidos, especialmente a partir do 13º cenário como mostra as colunas “Perdas II” na Tabela 3.

No que se refere à melhor configuração apresentada pelas simulações da situação I, o cenário 13 teve seu destaque em razão do maior retorno a partir do lucro líquido observado. Entretanto, este cenário de acordo com a Tabela 3 apresenta um número elevado de perdas, fato que não é interessante para o empreendimento por significar também uma perda expressiva de receitas. Neste sentido, o cenário 18 ressaltado pelas simulações da situação II se sobrepôs ao cenário 13 da situação I, apresentando um número de perdas aproximadamente, 220 vezes menor, caracterizando-se assim como o melhor cenário simulado neste estudo. Além disso, a ampliação do número de lavatórios e calibradores aliado à restrição do cliente sempre se dirigir para a menor fila de espera contribuíram significativamente para este cenário. Ou seja, tais medidas

concederam maior fluxo ao processo e permitiram um maior aproveitamento do tempo dos clientes ao entrarem no posto, podendo ser interpretadas como boas práticas de gestão.

## 7. Conclusão

O presente estudo contemplou uma análise para a implantação de um posto de combustíveis em um município da mesorregião mineira do Alto Paranaíba a partir da utilização de técnicas da simulação de processos. Neste sentido, foram consideradas diferentes premissas a fim de representar com maior veracidade os fatos apresentados. Diante a isso, foram realizadas as simulações de vinte cenários para cada uma das duas situações consideradas. No caso da situação I, em que não houve a aquisição do novo terreno nem a variação do número de lavatórios e calibradores, a melhor configuração correspondeu ao cenário 13 formado por 2 funcionários, 4 bombas de abastecimento, 1 lavatório e 1 calibrador, gerando um lucro líquido de R\$ 94.211,34.

Entretanto, conforme verificado na situação II, com a aquisição do novo terreno e a variação do número de lavatórios e calibradores, foi possível uma ampliação significativa do lucro líquido, superando todos os resultados alcançados com as simulações dos cenários da situação I. Desta maneira, do ponto de vista econômico com base nos valores dos lucros líquidos, o cenário 18 se destacou operando com 4 funcionários, 5 bombas de abastecimento, 3 lavatórios e 1 calibrador, e gerando um retorno líquido de R\$ 274.050,29.

Cabe ressaltar a confirmação deste resultado através do monitoramento do número de perdas de clientes, ou seja, do número de veículos que não entraram no posto. Neste sentido, foram verificados altos valores em todas as simulações realizadas para a situação I. Já para a situação II, a partir do cenário 13 foi verificado uma redução em larga escala para este quantitativo, fato que enaltece a configuração do cenário 18 para a situação II como sendo a melhor opção. Além disso, a utilização de medidas restritivas como, por exemplo, a escolha dos clientes pela menor fila, bem como a variação de todos os recursos disponíveis foram benéficas no sentido de agilizar o fluxo de atendimento e aproveitar o espaço disponível. Por fim a variação de recursos também foi determinante para o encontro da configuração ótima em um período de tempo menor.

## Referências

ANP. (2020). Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Produção de derivados de petróleo e processamento de gás natural. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural>. Acesso em: 07 abr. 2020.

Almeida, R. F., Lopes, L. A. S., da Silva, P. A. L. e de Souza, H. D. P. (2020). Dimensionamento da capacidade operacional de carregamentos: simulação em uma base de distribuição de combustíveis/Sizing the operational capacity of loading: Simulation on a fuel distribution base. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 12369-12386. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-194>

Bastos, L. dos S., Costa, G. M. N. e Souza, M. E. (2017). Análise paramétrica aplicada à simulação de reservatórios de petróleo utilizando o simulador BOAST. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville.

Bonnardel, N. e Didier, J. (2020). Brainstorming variants to favor creative design. *Applied ergonomics*, 83, 102987. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102987>

Chwif, L., Medina, A. C., Pereira, W. I., Vieira, D. R. e Pécora Jr, J. E. (2017). Introdução ao Simul8: um guia prático. dos Autores. Disponível em: Acesso em, 5.

Costa, L. O. (2020). Análise da logística de distribuição de combustíveis líquidos no Ceara/Analysis of distribution logistics of liquid fuels in Ceara. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 1201-1215. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-084>.

FGV Energia. (2020). Estoques Estratégicos e Operacionais de Petróleo e Derivados. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/opinioes/estoques-estrategicos-e-operacionais-de-petroleo-e-derivados>. Acesso em: 07 abr. 2020.

Kumar, R. (2019). *Research methodology: A step-by-step guide for beginners*. Sage Publications Limited.

Praks, P., Kopustinskas, V. e Masera, M. (2015). Probabilistic modelling of security of supply in gas networks and evaluation of new infrastructure. *Reliability Engineering & System Safety*, 144, 254-264. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.08.005>

Salário. (2020). Tabela Cargos e Salários 2020 - Pesquisa Salarial das Profissões. Disponível em: <https://www.salario.com.br/tabela-salarial/>. Acesso em: 02 abr. 2020.

Sampaio, R. M. B. e Sampaio, L. M. B. (2013). Competição entre postos de gasolina em pequenos municípios brasileiros: uma análise a partir de um modelo de entrada empírico. *Economia Aplicada*, 17(4), 579-598. <https://doi.org/10.1590/S1413-80502013000400003>

Shafiei, E., Davidsdottir, B., Leaver, J., Stefansson, H., Asgeirsson, E. I. e Keith, D. R. (2016). Analysis of supply-push strategies governing the transition to biofuel vehicles in a market-oriented renewable energy system. *Energy*, 94, 409-421. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.013>

Traoré, M. K., Zacharewicz, G., Duboz, R. e Zeigler, B. (2019). Modeling and simulation framework for value-based healthcare systems. *Simulation*, 95(6), 481-497. <https://doi.org/10.1177/0037549718776765>

Wainer, G. A. (2017). *Discrete-event modeling and simulation: a practitioner's approach*. CRC press.

Willmott, H. (2020). On Research Methodology. *The Journal of Organization and Discourse*, 1(1), 1-4. [https://doi.org/10.36605/jscos.1.1\\_1](https://doi.org/10.36605/jscos.1.1_1)

Zeigler, B. P., Muzy, A., e Kofman, E. (2018). *Theory of modeling and simulation: discrete event & iterative system computational foundations*. Academic press.

Zhang, H., Liang, Y., Liao, Q., Chen, J., Zhang, W., Long, Y. e Qian, C. (2019). Optimal design and operation for supply chain system of multi-state natural gas under uncertainties of demand and purchase price. *Computers & Industrial Engineering*, 131, 115-130. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.03.041>