

II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

MODELOS DE REDE E CASO DE ENSINO: INCORPORANDO A SUSTENTABILIDADE NA PESQUISA OPERACIONAL

Carolina Racy Mariusso, carol_rmb@yahoo.com.br, PUC-Campinas
Débora De Luca Chierato, deboradeluca422@gmail.com, PUC-Campinas
Isabella Doná, isabella_758@hotmail.com, PUC-Campinas
Paula Guidotti, paula.guidotti@hotmail.com, PUC-Campinas
Ricardo Rosa Georges, marcos.georges@puc-campinas.edu.br, PUC- Campinas

Resumo

Este artigo apresenta a aplicação de um caso de ensino na disciplina pesquisa operacional, para o ensino e aprendizagem da ferramenta de fluxo em redes. O caso de ensino aplicado foi extraído da literatura e diz respeito a decisão de um fabricante de minimizar seus custos e nesta tarefa de minimização dos custos de produção está incluída a hipótese de fechar uma fábrica. Além de resolver o problema pela perspectiva da pesquisa operacional e da utilização dos modelos de rede, este artigo traz elementos da sustentabilidade na discussão da solução proposta pela pesquisa operacional, algo que não é comum, haja vista que a pesquisa operacional historicamente sempre se preocupou em otimizar aspectos monetários. No entanto a sustentabilidade era algo novo e imperativo e é preciso incorporar a sustentabilidade nas discussões da pesquisa e esse artigo apresenta um exemplo disso.

Palavras-chave: Programação de Fluxo em Rede, Pesquisa Operacional, Programação Linear, Sustentabilidade, Caso de Ensino.

1. Introdução

Com o advento da tecnologia, a tomada de decisões hoje se torna mais completa, uma vez que possui o apoio de ferramentas sofisticadas.

A programação de fluxo em rede é uma ferramenta voltada para a solução de problemas reais, ou seja, o principal objetivo deste método é auxiliar empresas e organizações a solucionar problemas particulares, tendo como foco a tomada de decisões, aplicação de conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas.

O artigo tem como objetivo geral desenvolver competências para entender e resolver problemas de grande complexidade o mais parecido possível com situações reais. E como Objetivos Específicos: Resolver um problema utilizando a programação de fluxo em rede, método símbolo/emblemático da pesquisa operacional; Fazer uso da metodologia do caso de ensino, que propicia desenvolver habilidades de enfrentar problemas mais complexos, e relacioná-lo com a sustentabilidade. E por fim, como último objetivo específico, propiciar aos alunos de graduação de participar de eventos científicos apresentando trabalhos completos.

Atualmente o mercado de trabalho exige dos alunos competências muito amplas, que um método tradicional de ensino não desenvolve. Precisa-se utilizar métodos de ensino



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

inovadores que desenvolvam habilidades de capacidade analítica, trabalho em grupo e resolução de problemas.

2. Fundamentação teórica

Este capítulo se dedica a apresentar a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento do trabalho. Está dividida em três seções: Fluxo em Redes, Sustentabilidade e Metodologias Ativas

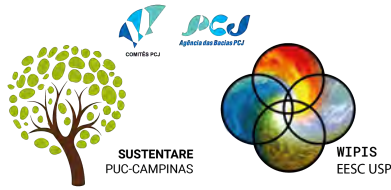
2.1 Fluxo em Redes

De uma forma geral, modelos de rede são utilizados em casos especiais de problemas de programação linear que são mais bem analisados através de uma representação gráfica. Importantes problemas de otimização, tais como problemas de distribuição logística e de energia, produção e outros, são eficientemente resolvidos se modelados como problemas de rede. Modelos de rede facilitam a visualização das relações entre os componentes do sistema, aumentando o entendimento do problema e de seus possíveis resultados. Devido a estas vantagens, a modelagem de rede está sendo cada vez mais utilizada nas mais diferentes áreas incluindo o mundo dos negócios.

Redes são diagramas compostos por uma coleção de vértices ou nós ligados entre si por um conjunto de arcos. Os nós são simbolizados por círculos e representam os pontos de junção que conectam os arcos. Os arcos são representados por linhas, conectam os nós e podem revelar a direção do fluxo de um ponto para outro.

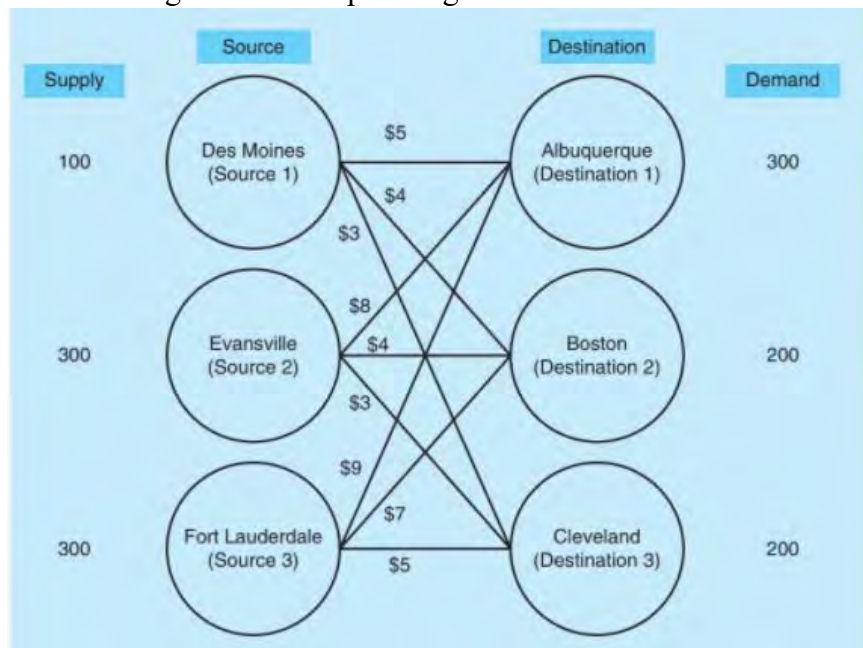
Os problemas modelados como redes geralmente apresentam números associados aos nós e aos arcos. O significado de cada valor irá variar de acordo com o tipo de problema com o qual estamos lidando. Em problemas de transportes modelados como redes, por exemplo, os números associados aos nós podem representar a quantidade de produtos ofertada ou demandada pelo nó, ao passo que os valores dos arcos podem refletir o custo de transporte (ou o tempo, ou a distância) entre um nó e outro.

Na figura 1 apresentada a seguir tem - se um exemplo de modelo de diagrama de fluxo em rede categorizado como Problema de Transporte.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 1 - Exemplo Diagrama de fluxo em rede



Fonte: (Render et al., 2012, p. 329)

Diversos problemas de tomada de decisão no mundo real estão categorizados como Problemas de Rede. Entre eles podemos citar:

- Problemas de Transporte;
- Escala de Produção;
- Rede de Distribuição;
- Problemas do Menor Caminho;
- Problemas de Fluxo Máximo;
- Problemas de Caminho Crítico.

O caso de ensino escolhido aborda predominantemente dois deles. Um tipo de problema real e conhecido como Problema de Transporte ou Método de Transporte, inicialmente utilizado para determinar o menor custo de transporte entre diversas fábricas de um produto e diversos centros consumidores mas, especialmente utilizado antes da era da microcomputação, resolve esta classe de problemas de programação linear de uma maneira mais eficiente.

O problema de Transporte básico é aquele em que se quer determinar, dentre as diversas maneiras de distribuição, a que resultará no menor custo de transporte entre as fábricas e os centros de distribuição. As restrições deste tipo de problema são: as fábricas não



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

podem produzir mais do que suas capacidades instaladas e os centros consumidores não desejam receber volumes acima de suas demandas.

E outro problema real, a Escala de Produção, que segue a modelagem do problema de transporte. O período de produção funciona como as filiais ou fábricas, o pedido funciona como demanda. As restrições são a capacidade de produção de cada período e a demanda de cada período. A função objetivo pode estar relacionada ao custo mínimo de produção. Assim, há o custo de produção em cada período e pode haver um custo de armazenamento para cada período. Ou seja, minimizar o custo total.

Ainda pensando no mundo real, um assunto ainda não citado, mas não menos importante, é a sustentabilidade. Visto que a sustentabilidade não é um assunto presente dentro da programação linear, vamos abordar mais sobre ela nos próximos tópicos.

2.2 Sustentabilidade

Segundo Belinky (2013), exercer a sustentabilidade empresarial significa analisar os negócios da empresa levando em conta como fazer com que os impactos negativos de sua atividade sejam os menores possíveis. É estar atento às necessidades e bem-estar da população no meio onde ela está inserida.

A sustentabilidade começa a ganhar espaço a partir do momento em que a sociedade se vê em um desafio de manter e/ou melhorar a qualidade de vida sem afetar a capacidade das gerações futuras. Ou seja, a sustentabilidade é a ideia de utilizar a natureza para atender as necessidades da sociedade sem comprometer as gerações futuras, de modo que elas também possam utilizar os meios naturais.

O conceito da sustentabilidade surge da hipótese do esgotamento dos recursos naturais. Tem-se então que o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Portanto, é indispensável a inclusão da sustentabilidade no processo de produção, uma vez que necessita-se produzir sustentavelmente para que a vida continue. A sustentabilidade empresarial engloba um conjunto de ações administrativas a favor da preservação do meio ambiente e de uma gestão mais funcional, impulsionando também seu próprio crescimento econômico e a qualidade de vida dos funcionários.

2.3 Metodologias Ativas

O tratamento das chamadas metodologias ativas de ensino é bastante amplo, no entanto, é possível que o enfoque destas metodologias seja voltado para a resolução de problemas práticos.

No âmbito da melhoria educacional existe uma busca para tornar os ambientes e os participantes mais ativos, de forma a incentivar a independência e crítica dos alunos e



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

provocar discussões e soluções para sair de um ambiente onde a técnica utilizada seria apenas a de transmissão de conhecimento do professor ao aluno. Para isso, é necessário o uso das metodologias ativas que são um processo amplo e possui como principal característica a inserção do aluno/estudante como agente principal responsável pela sua aprendizagem, comprometendo-se com seu aprendizado e possui a intenção de criar interação, realizar projetos diferentes, trabalhar a reflexão, a criatividade, o pensamento crítico, dentre outros aspectos. Ou seja, focar em aulas mais dinâmicas e participativas, onde o professor atua como mediador da aprendizagem, provocando os alunos a irem em busca das respostas.

As metodologias Ativas podem ser divididas em diversas categorias: Uso da arte, Estratégias baseadas na exposição, Problematização e Dinâmicas.

Dentre as metodologias ativas descritas acima utilizamos o método de caso de ensino.

Segundo Roesch (2007), o caso para ensino como metodologia ativa é um texto breve, de até 15 páginas. O texto é acompanhado de notas de ensino, dirigidas ao professor, que usará o caso em sala de aula, apresentadas em folhas separadas do caso.

O método do caso aplicado ao ensino gerencial possui longa tradição. De acordo com Roberts (2004), foi usado pela primeira vez em 1908, em cursos de Direito Comercial na Harvard Business School, EUA. O caso de ensino é um material didático que não se popularizou na universidade brasileira e poucos professores utilizam casos-problema em sala de aula. Visto que no Brasil poucos professores constroem casos de ensino, na década de 70 houve uma tentativa de disseminação do caso.

Dessa forma as metodologias ativas são alternativas positivas para obtenção do incentivo aos alunos para que aprendam de forma autônoma e participativa. A proposta é que o estudante esteja no centro do processo de aprendizagem, participando ativamente e sendo responsável pela construção de conhecimento.

O caso de ensino apresentado foi extraído do livro “*Quantitative Analysis for Management*” dos autores Barry Render, Ralph M. Stari e Michael E. Hanna que são importantes autores e professores de *Management Sciences*. O caso de ensino se encontra na página 391, no capítulo 9, e está transcrito a seguir:

Andrew-Carter, Inc. (A-C), é um importante produtor e distribuidor canadano-canadense de aparelhos de iluminação exterior. A sua luminária é distribuída por toda a América do Norte e tem sido muito procurada durante vários anos. A empresa opera três fábricas que fabricam e distribuem a sua luminária em cinco centros de distribuição (armazéns). Durante a presente recessão, a A-C viu uma grande queda na procura da sua luminária, à medida que o mercado habitacional declinou. Com base na previsão das taxas de juro, o chefe de operações sente que a procura de habitação e, por conseguinte, do seu produto, voltará a diminuir num futuro previsível. A-C está a considerar fechar uma das suas fábricas, uma vez que está agora a operar com uma capacidade de previsão de excesso de 34.000 unidades por semana. As exigências semanais previstas para o próximo ano são:



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 2 - Exigências Semanais para o próximo ano

| Exigências Semanais Para o próximo ano: | |
|---|-----------------|
| Armazém 1 | 9.000 unidades |
| Armazém 2 | 13.000 unidades |
| Armazém 3 | 11.000 unidades |
| Armazém 4 | 15.000 unidades |
| Armazém 5 | 8.000 unidades |

Fonte: (Render et al., 2012, p. 391)

As capacidades das instalações em unidades por semana são:

Figura 3 - Capacidades das instalações semanais

| Capacidades em unidades por semana | |
|------------------------------------|-----------------|
| Planta 1 - Tempo Regular | 27.000 unidades |
| Planta 1 - Horas Extras | 7.000 unidades |
| Planta 2 - Tempo Regular | 20.000 unidades |
| Planta 2 - Horas Extras | 5.000 unidades |
| Planta 3 - Tempo Regular | 25.000 unidades |
| Planta 3 - Horas Extras | 6.000 unidades |

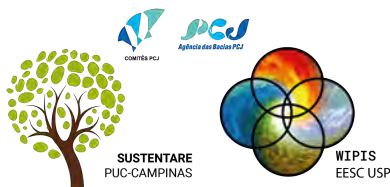
Fonte: (Render et al., 2010, p. 391)

Se a A-C fechar quaisquer instalações, os seus custos semanais mudarão, uma vez que os custos fixos são mais baixos para uma instalação não operacional. A figura mostra os custos de produção em cada fábrica, tanto variáveis no tempo regular como nas horas extras, e fixos quando em funcionamento e encerramento. O Figura a seguir mostra os custos de distribuição de cada fábrica para cada armazém (centro de distribuição).

Figura 4 - Custos Variáveis e Custos Fixos de Produção por Semana

| PLANTA | Custo Variável | Custo fixo por semana | |
|---------------------|----------------|-----------------------|--------------|
| | | Operando | Não Operando |
| Nº 1, Tempo Regular | \$2,80/unid | \$14.000 | \$6.000 |
| Nº 1, Hora extra | \$3,52 | | |
| Nº 2, Tempo Regular | \$2,78 | \$12.000 | \$5.000 |
| Nº 2, Hora Extra | \$3,48 | | |
| Nº 3, Tempo Regular | \$2,72 | \$15.000 | \$7.500 |
| Nº 3, Hora Extra | \$3,42 | | |

Fonte: (Render et al., 2012, p. 391)



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 5 - Unidade de Custos de Distribuição

| PARA O CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DA PLANTA/FÁBRICA | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
| Nº 1 | \$0,50 | \$0,44 | \$0,49 | \$0,46 | \$0,56 |
| Nº 2 | \$0,40 | \$0,52 | \$0,50 | \$0,56 | \$0,57 |
| Nº 3 | \$0,56 | \$0,53 | \$0,51 | \$0,54 | \$0,35 |

Fonte: (Render et al., 2012, p. 391)

Questões para discussão

1. Avaliar as várias configurações de fábricas/plantas em funcionamento e fechadas que irão satisfazer a procura semanal. Determinar qual a configuração que minimiza os custos totais.
2. Discutir as implicações do encerramento de uma fábrica/Planta.

De acordo com os autores do livro de Render et al, esse caso foi inicialmente elaborado pelo Professor Michael Ballot, da Universidade do Pacífico.

Sendo assim, o caso acima, se encerra com as duas questões colocadas, dando início a explicação da metodologia utilizada para resolvê-lo.

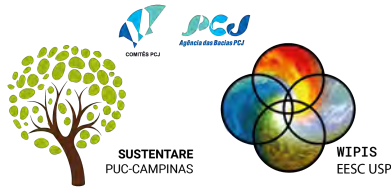
3. Metodologia

Esta seção apresenta a metodologia utilizada na realização deste trabalho. A metodologia é dividida em três diferentes perspectivas: na perspectiva de um trabalho científico, na perspectiva de um caso de ensino e na perspectiva da resolução do problema. Cada perspectiva possui particularidades metodologias portanto são complementares entre si.

Na perspectiva da pesquisa científica, este trabalho se caracteriza como pesquisa de natureza aplicada, pois visa resolver um problema prático, pontual e específico da aplicação da técnica da programação de fluxo em rede apresentado em um caso de ensino.

Quanto à abordagem, este trabalho se caracteriza como quantitativo e qualitativo. Quantitativo porque é esperada uma formulação matemática para encontrar a solução ótima do problema, e ao mesmo tempo é esperado que se compreenda os conceitos básicos da programação de fluxo em rede e da sustentabilidade.

Em relação aos objetivos, este trabalho se caracteriza como objetivo exploratório e descritivo. Exploratório, uma vez que tem como finalidade apresentar a técnica da programação de fluxo em rede aos autores deste trabalho, que são estudantes de engenharia de produção. Descritivo visto que pretende ensiná-los como descrever uma situação problema por meio de um modelo matemático algébrico, e então como transcrevê-lo a uma planilha eletrônica.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Os procedimentos utilizados foram a pesquisa bibliográfica e a pesquisa-ação. A pesquisa bibliográfica teve como objetivo conhecer profundamente: a programação de fluxo em rede, aprendendo a modelar e resolver problemas de média e alta complexidade-metodologias ativas e o método do caso de ensino e a sustentabilidade e sua aplicação no caso de ensino abordado. A pesquisa bibliográfica foi feita utilizando livros disponíveis na Biblioteca Online da Universidade e as bases Scielo e Spell para a pesquisa de artigos. E por fim, a pesquisa-ação que foi utilizada pelos autores, únicos responsáveis pela solução de tal problema. Os mesmos pesquisaram como modelar um problema de programação em rede, e a partir desta compreensão construíram a solução usando planilha eletrônica e redigiram o relatório no formato de artigo científico relacionando-a com a sustentabilidade.

4. Resultados

O problema apresentado foi classificado como um problema de fluxo em rede. Para iniciar a resolução, foi necessário modelar o problema, e para isso seguimos os passos definidos pelo autor Render et al, 2012:

- Definir o problema;
- Desenvolver o modelo;
- Adquirir os dados de entrada;
- Testar a solução matemática utilizando planilha eletrônica na plataforma Excel;
- Analisar os resultados;
- Implementar os resultados.

Para melhor visualização dos dados pelos autores foi construída uma tabela de exigências na ferramenta *Excel*.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 6- Tabelas de Exigências e Capacidade

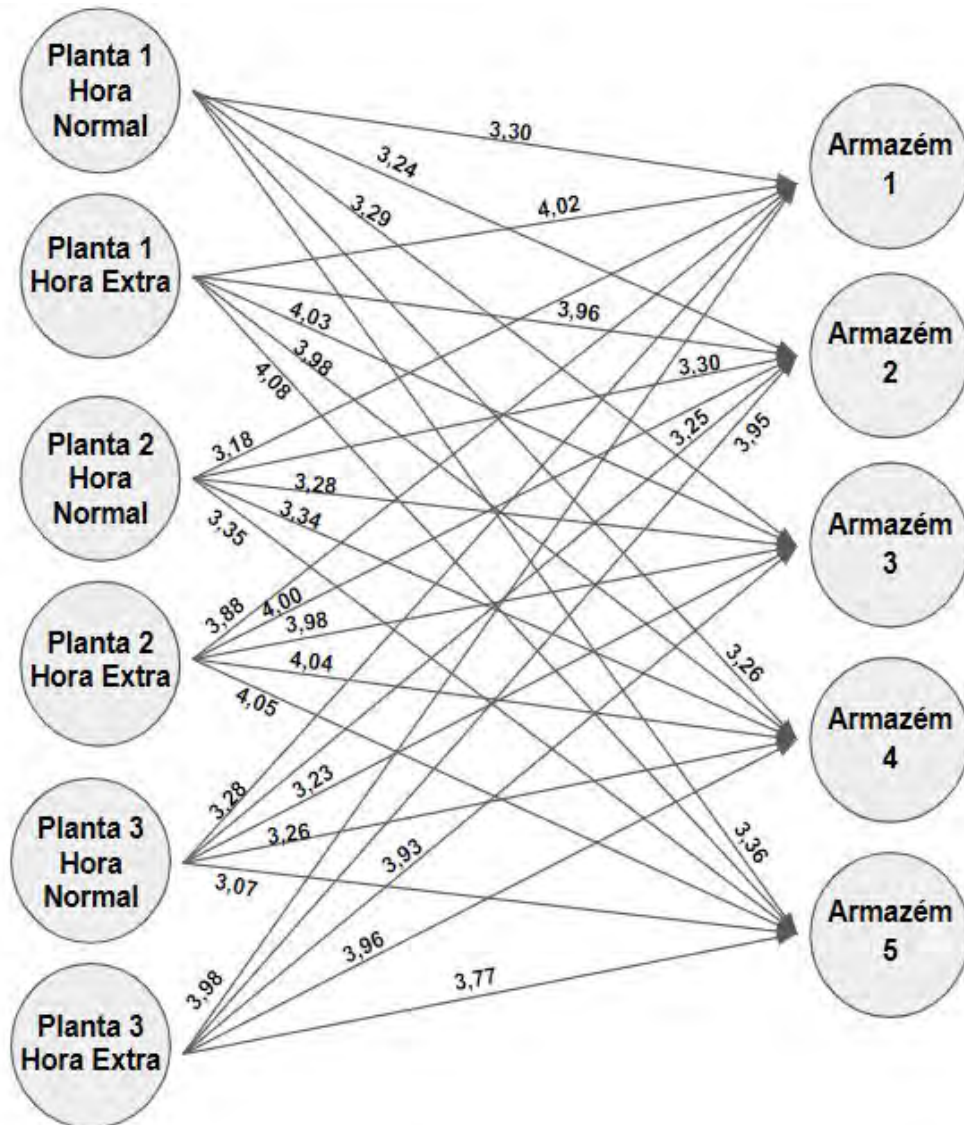
| Exigências Semanais Para o próximo ano: | |
|--|------------------------|
| Armazém 1 | 9.000 unidades |
| Armazém 2 | 13.000 unidades |
| Armazém 3 | 11.000 unidades |
| Armazém 4 | 15.000 unidades |
| Armazém 5 | 8.000 unidades |
| Total: | 56.000 unidades |

| Capacidades em unidades por semana: | |
|--|------------------------|
| Planta 1 - Tempo Regular | 27.000 unidades |
| Planta 1 - Horas Extras | 7.000 unidades |
| Planta 2 - Tempo Regular | 20.000 unidades |
| Planta 2 - Horas Extras | 5.000 unidades |
| Planta 3 - Tempo Regular | 25.000 unidades |
| Planta 3 - Horas Extras | 6.000 unidades |
| Total: | 90.000 unidades |

Fonte: (Elaborado pelos autores)

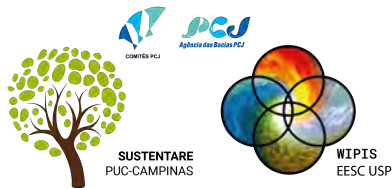
Seguindo os passos já mencionados acima foi desenvolvido um diagrama de fluxo em rede a fim de ilustrar o problema, ele está ilustrado a seguir:

Figura 7- Diagrama do modelo de fluxo em rede



Fonte: (Elaborado pelos autores)

A seguir, as soluções ótimas apresentadas pela ferramenta *Solver*.

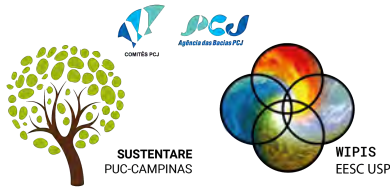


II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 8: Modelagem do problema sem possibilidade de fechar fábrica

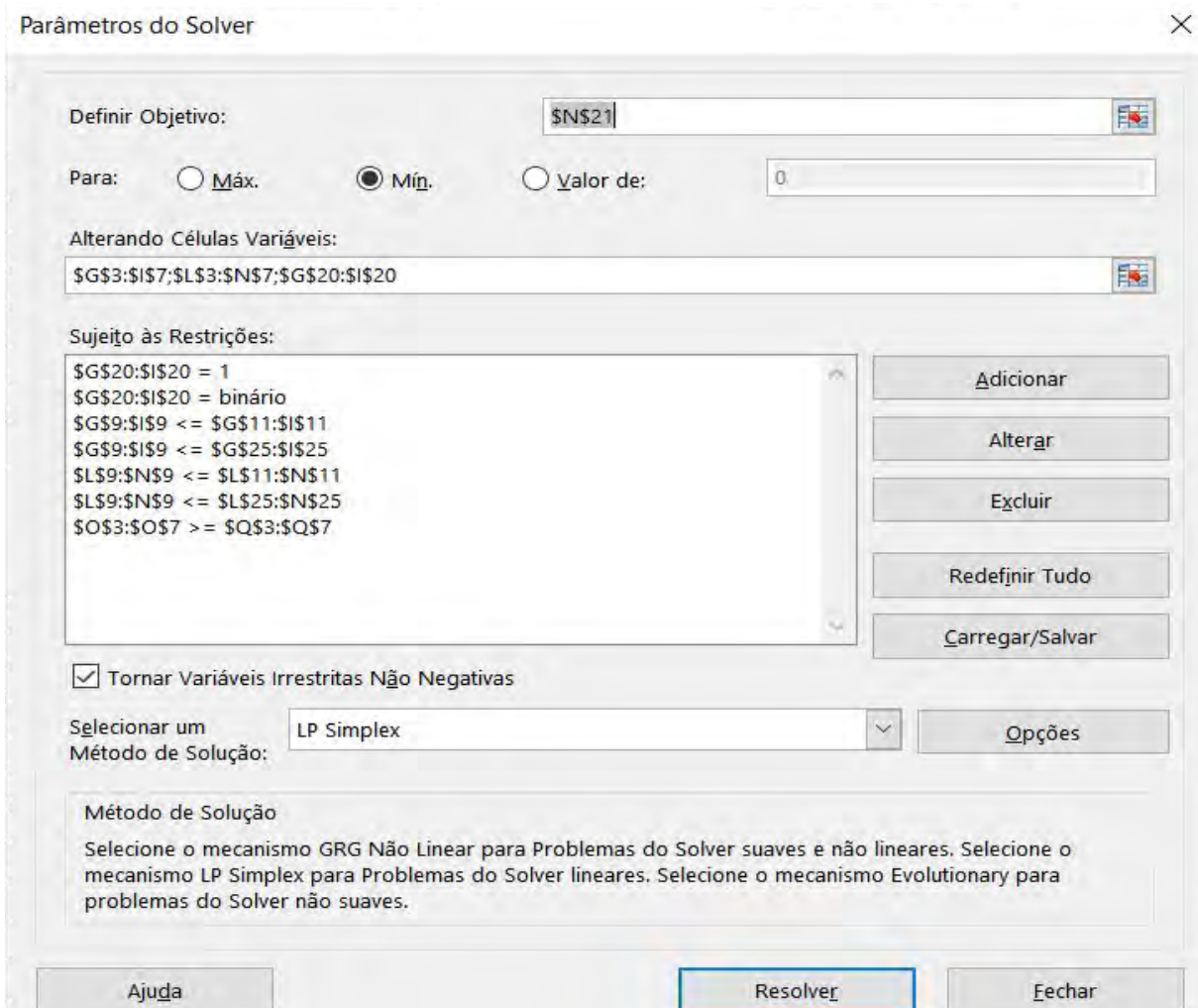
| | | | | TOTAL | | | Demanda | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------------|---------------|---------|-------|----------|
| Produção regular | F1 | F2 | F3 | Produção Extra | F1 | F2 | F3 | | |
| Armazém 1 | 0 | 9000 | 0 | Armazém 1 | 0 | 0 | 0 | 9000 | >= 9000 |
| Armazém 2 | 13000 | 0 | 0 | Armazém 2 | 0 | 0 | 0 | 13000 | >= 13000 |
| Armazém 3 | 0 | 0 | 11000 | Armazém 3 | 0 | 0 | 0 | 11000 | >= 11000 |
| Armazém 4 | 14000 | 0 | 1000 | Armazém 4 | 0 | 0 | 0 | 15000 | >= 15000 |
| Armazém 5 | 0 | 0 | 8000 | Armazém 5 | 0 | 0 | 0 | 8000 | >= 8000 |
| TOTAL | 27000 | 9000 | 20000 | | 0 | 0 | 0 | | |
| | <= | <= | <= | | <= | <= | <= | | |
| | 27000 | 20000 | 25000 | | 7000 | 5000 | 6000 | | |
| Custo Regular | F1 | F2 | F3 | Custo Extra | F1 | F2 | F3 | | |
| Armazém 1 | 3,30 | 3,18 | 3,28 | Armazém 1 | 4,02 | 3,88 | 3,98 | | |
| Armazém 2 | 3,24 | 3,30 | 3,25 | Armazém 2 | 3,96 | 4 | 3,95 | | |
| Armazém 3 | 3,29 | 3,28 | 3,23 | Armazém 3 | 4,01 | 3,98 | 3,93 | | |
| Armazém 4 | 3,26 | 3,34 | 3,26 | Armazém 4 | 3,98 | 4,04 | 3,96 | | |
| Armazém 5 | 3,36 | 3,35 | 3,07 | Armazém 5 | 4,08 | 4,05 | 3,77 | | |
| Fabrica Operando?(0/1) | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Custo operação | 14000 | 12000 | 15000 | Função Ótima | F(X) | 220730 | | | |
| Custo parada | 6000 | 5000 | 7500 | | | | | | |
| Custo Fixo | 14000 | 12000 | 15000 | | | | | | |
| Resultados | 27000 | 20000 | 25000 | | 7000 | 5000 | 6000 | | |

Fonte: (Elaborado pelos autores)



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

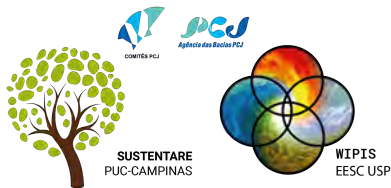
Figura 9: Parâmetros do Solver sem possibilidade de fechar fábrica



Fonte: (Elaborado pelos autores)

A solução encontrada acima (Figuras 8 e 9), supõe que as três fábricas permaneçam funcionando com seu custo mínimo (encontrado na função ótima = \$220.730) . Observa-se que ao “forçar” as três fábricas funcionarem com custo mínimo, a produção extra das mesmas é anulada e o transporte das plantas para os armazéns fica bem distribuído.

A seguir foi encontrada outra solução, porém com a possibilidade de fechamento de uma fábrica e operação das demais com custo mínimo de produção.



II Sustainare – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 10: Modelagem do Problema com possibilidade de fechar fábrica

| Produção regular | | | | F1 | F2 | F3 | TOTAL | | Demanda |
|------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|----|---------|
| Armazém 1 | 0 | 0 | 9000 | 0 | 0 | 0 | 9000 | >= | 9000 |
| Armazém 2 | 13000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13000 | >= | 13000 |
| Armazém 3 | 0 | 0 | 11000 | 0 | 0 | 0 | 11000 | >= | 11000 |
| Armazém 4 | 14000 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 15000 | >= | 15000 |
| Armazém 5 | 0 | 0 | 4000 | 0 | 0 | 4000 | 8000 | >= | 8000 |
| TOTAL | 27000 | 0 | 25000 | 0 | 0 | 4000 | | | |
| | <= | <= | <= | <= | <= | <= | | | |
| | 27000 | 20000 | 25000 | 7000 | 5000 | 6000 | | | |

| Custo Regular | | | | F1 | F2 | F3 |
|---------------|------|------|------|----|----|----|
| Armazém 1 | 3,30 | 3,18 | 3,28 | | | |
| Armazém 2 | 3,24 | 3,30 | 3,25 | | | |
| Armazém 3 | 3,29 | 3,28 | 3,23 | | | |
| Armazém 4 | 3,26 | 3,34 | 3,26 | | | |
| Armazém 5 | 3,36 | 3,35 | 3,07 | | | |

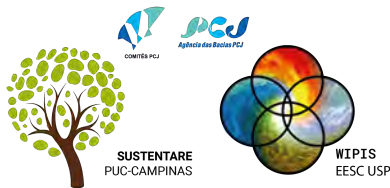
| Custo Extra | | | | F1 | F2 | F3 |
|-------------|------|------|------|----|----|----|
| Armazém 1 | 4,02 | 3,88 | 3,98 | | | |
| Armazém 2 | 3,96 | 4 | 3,95 | | | |
| Armazém 3 | 4,01 | 3,98 | 3,93 | | | |
| Armazém 4 | 3,98 | 4,04 | 3,96 | | | |
| Armazém 5 | 4,08 | 4,05 | 3,77 | | | |

| Fabrica Operando?(0/1) | | | | F1 | F2 | F3 |
|------------------------|-------|-------|-------|----|----|----|
| Custo operação | 14000 | 12000 | 15000 | 1 | 0 | 1 |
| Custo parada | 6000 | 5000 | 7500 | | | |
| Custo Fixo | 14000 | 5000 | 15000 | | | |

| Função Ótima | | | F(X) |
|--------------|--|--|--------|
| | | | 217430 |

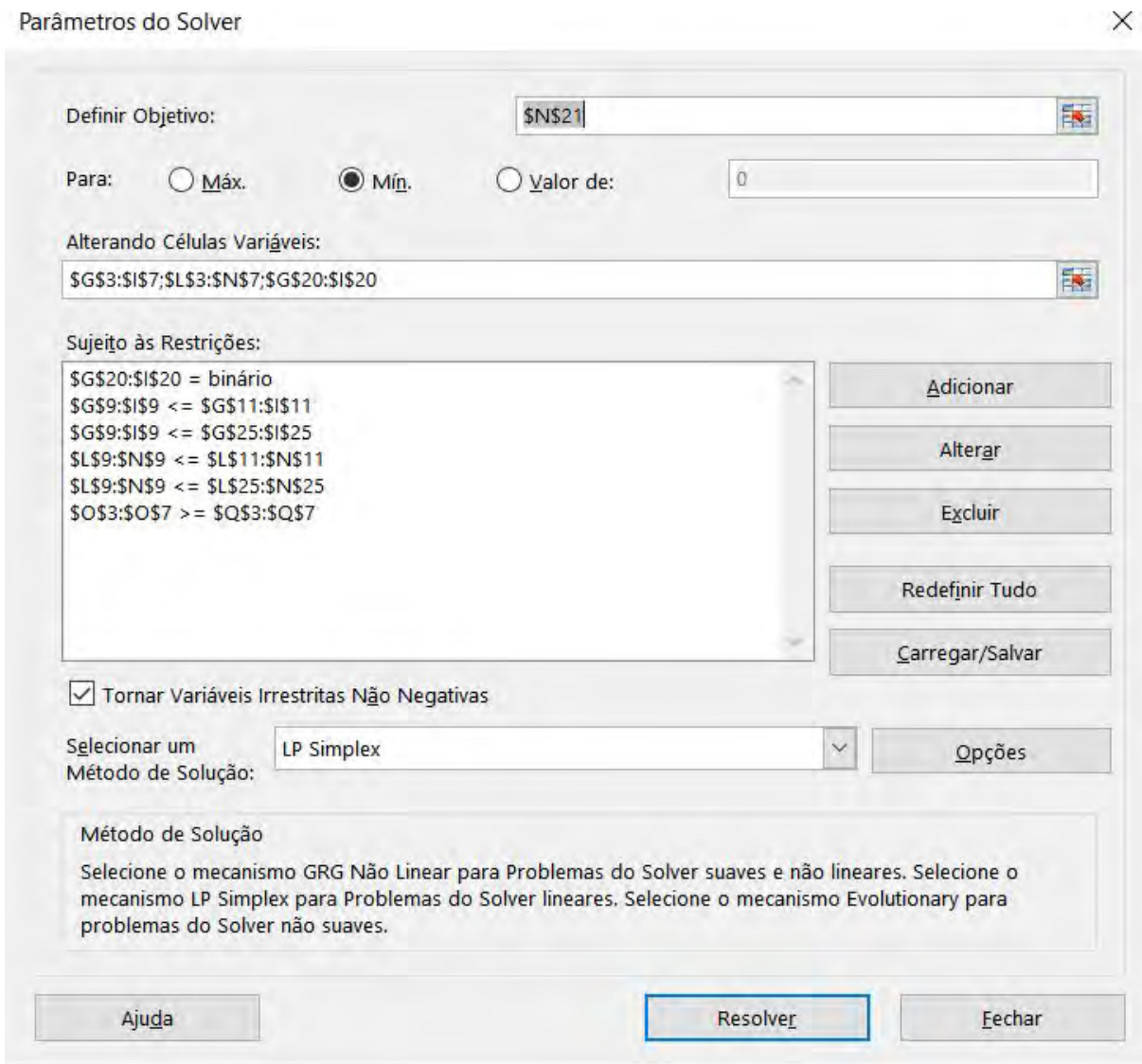
| Resultados: | | | | F1 | F2 | F3 |
|-------------|-------|---|-------|------|----|------|
| | 27000 | 0 | 25000 | 7000 | 0 | 6000 |

Fonte: (Elaborado pelos autores)



II Sustainare – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Figura 11: Parâmetros do Solver com possibilidade de fechar fábrica



Fonte: (Elaborado pelos autores)

As figuras acima (10 e 11) supõe o fechamento da fábrica dois. Ao fechar a fábrica dois, a A-C obtém seu menor custo de produção (\$217.430), porém opera com a fábrica 1 e 3 em produção regular e com a fábrica três em produção extra para o armazém cinco.

A princípio, utilizando somente a visão da programação linear, que tem como objetivo principal a maximização de lucros, visando somente a parte produtiva e financeira da empresa. Tem se a solução monetária de fechar a fábrica dois, trazendo inúmeros problemas com funcionários e empresas dependentes.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Dessa forma ao analisar o problema com base nos princípios da programação linear conclui-se que é preciso ampliar a visão da mesma para o lado da sustentabilidade.

Ao analisar o caso a partir do viés da sustentabilidade, a opção por manter as três fábricas operando é melhor, já que é necessário o bem estar e a dignidade dos funcionários a partir da garantia de emprego, portanto mesmo que haja uma pequena diferença monetária, a opção por manter as três fábricas abertas e sem o uso da hora e da produção extra é a mais sensata.

5. Conclusões

Definido como um caso problema de fluxo em rede, o caso de ensino apresentado tinha o intuito de minimizar os custos totais da empresa. Teve como característica um trabalho com o objetivo exploratório, que tem como finalidade mostrar a técnica da programação do fluxo em rede, e descritivo, que é ensinar como descrever uma situação problema o mais parecido possível com situações reais. E como objetivo específico, a honra de podermos participar de eventos científicos.

Os objetivos foram todos alcançados, vistos que são experiências e técnicas que serão essenciais ao futuro que teremos como engenheiras de produção, desenvolvendo habilidades ao enfrentar os problemas mais complexos vivenciados em empresas reais. O objetivo final será alcançado com a aprovação do artigo no evento *Sustentare*.

Na perspectiva do processo de ensino como metodologia e ao redigir o caso em formato de artigo para submeter a um evento nos proporcionou uma experiência muito positiva e gratificante dentro da Universidade. O fato de podermos resolver problemas de grande complexidade e o mais parecido possível com situações reais nos fez evoluir para a formação de futuras engenheiras, visando que enfrentaremos isso no nosso dia a dia futuro, em grandes empresas.

As dificuldades em relação ao caso foram algumas por ser um problema complexo, que possa ser submetido a um evento de grande magnitude. Essas dificuldades nos exigiram um maior esforço para o desempenho do artigo, e portanto nos proporcionou um grande aprendizado tanto na parte estrutural como teórica.

Em suma, tivemos lições pessoais e profissionais, o de ter um olhar e um foco exclusivo, principalmente de toda a equipe e desde o início para que nenhum detalhe na realização ficasse faltando.

6. Referências bibliográficas

LACHTERMACHER, Gerson- **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**. 2a. Edição. Editora Campus. 2004.

ROESCH, S. M. A. **Notas sobre a construção de casos para ensino**. Revista de Administração Contemporânea, v. 11, n. 2, p. 213-234, 2007.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

SACHS, IGNACY. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

ROBERTS, K. (2004, Spring). Case development in Europe – an historical perspective. Cranfield. ECCHO – **The Newsletter of the European Case Clearing House**, (32), 6-8.

SAVITZ, A. (2007), **A Empresa Sustentável: O Verdadeiro Sucesso é o Lucro com Responsabilidade Social e Ambiental**. Elsevier, Rio de Janeiro.

AMARAL, S. P. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica nas empresas: como entender, medir e relatar**. São Paulo: Editora Tocalino, 2004.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 4a . ed. São Paulo: Prentice Hall. 2009.

BELINKY, Aron. **Sustentabilidade e futuro**. São Paulo: Centro de Estudos em Sustentabilidade. 2013.

RENDER, B., and R. M. STAIR. **Quantitative analysis for management**. 11th . ed., 2012.

RENDER, B., and R. M. STAIR. **Introduction to Management Science**. Boston: Allyn & Bacon, Inc., 1992.