

PESQUISA OPERACIONAL COMO FERRAMENTA À MAXIMIZAÇÃO DE RECEITAS

Estudo de Caso em Horticultura

Melina Paula Batista Garcia, Alexandre Godinho Bertoncello, Icaro A. Pereira de Godoy
Faculdade de Tecnologia – Fatec, Presidente Prudente / SP, melina.garcia2@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O aumento da demanda por hortaliças ocorre há algum tempo de forma constante, proporcionando uma oportunidade para a agricultura familiar ampliar faturamento. Apesar de ser responsável por grande parte da produção de olericultura no Brasil, as pequenas propriedades têm baixa absorção de tecnologia, com grande frequência elas apresentam grandes gaps de informação e baixo poder de gestão. Esta pesquisa buscou implementar tecnologias de gestão e de tomada de decisões utilizando ferramentas acessíveis e de fácil aprendizagem. O método foi documental quantitativo, foi utilizado a programação linear do algoritmo Simplex, da planilha eletrônica MS-Excel com o Suplemento Solver. Como resultado foi possível avaliar a quantidade de produtos disponíveis para produção, buscando otimizar a receita e minimizar os custos, dessa forma podendo proporcionar um aumento de lucratividade em uma pequena propriedade de Pirapozinho, no Oeste Paulista. Contudo, apesar da intervenção positiva dentro da pesquisa, ressalta-se que para a técnica ganhar escala e tornar-se uma realidade dentro de pequenas propriedades, deve-se romper a dificuldade da transferência de tecnologia para propriedade que tenham gestores com baixo nível educacional.

Palavras-chave: Produtividade, Suplemento Solver, Hortaliças

OPERATIONAL RESEARCH AS A TOOL FOR MAXIMIZING REVENUE

Case Study in a Horticulture

ABSTRACT

The increase in demand for vegetables has been steadily for some time, providing an opportunity for family farming to increase sales. Despite being responsible for a large part of the production of olericulture in Brazil, small properties have low technology absorption, with great frequency they have large information gaps and low management power. This research sought to implement management and decision-making technologies using accessible and easy-to-learn tools. The method was quantitative documentary, the linear programming of the Simplex algorithm was used, from the MS-Excel spreadsheet with the Solver Supplement. As a result, it was possible to evaluate the quantity of products available for production, seeking to optimize revenue and minimize costs, thus being able to provide an increase in profitability in a small property in Pirapozinho, in West Paulista. However, despite the positive intervention within the research, it is emphasized that for the technique to gain scale and become a reality within small properties, the difficulty of transferring technology to property that has managers with low educational level must be overcome.

Keywords: Productivity, Supplement Solver, Vegetables

1 INTRODUÇÃO

O desafio da agricultura familiar que produz horticultura é enorme, apesar de haver uma crescente demanda por hortaliças na sociedade atual, produtores rurais de pequeno porte que trabalham com baixa tecnologia de gestão, tem pouco conhecimento de controle operacional e em sua grande maioria, baixo nível educacional que dificulta a transferência de conhecimento existente para a prática da agricultura familiar.

O consumo de hortaliças tem aumentado devido à maior conscientização da população em busca de uma dieta alimentar mais rica e saudável. Desse modo, o desenvolvimento de sistemas de cultivo com hortaliças, com vistas à otimização da produtividade, tem exigido dos agricultores esforços no sentido de reduzir ou até mesmo eliminar as deficiências do setor produtivo (MONTEZANO; PEIL, 2006).

Uma das formas de eliminar as deficiências na tecnologia de gestão é utilizar a Pesquisa Operacional (PO). Para Botacim *et al.* (2019), ela é conceituada como um método científico de leitura de dados para sua otimização no processo de tomada de decisão em diversas áreas do conhecimento.

Em linhas gerais, a PO apoia-se em uma abordagem gerencial buscando encontrar a solução com melhor otimização dos dados disponíveis. Dessa forma, ela foi projetada para a partir da problematização de uma situação, deduzir uma solução por meio de modelos testando-os para estabelecer o controle sobre a solução (BODANESE, 2005).

Para Passos (2008), a PO proporciona diversas vertentes, entre as quais se destaca, a Programação Linear (PL), apresentando-se como uma técnica aplicada a sistemas lineares (equações e inequações) tendo como base modelos previamente estabelecidos.

A PL utiliza instrumentos matemáticos que permitem a otimização de operações, e é largamente utilizada na resolução de problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares (ANDRADE, 2004).

Segundo Teixeira Apud Caixeta Filho (2001), a PL é o aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares, utilizando inversões sucessivas de matrizes, incorporando uma equação linear de um dado comportamento que deverá ser otimizado.

Segundo Santos e Martins (2015), na consideração desse fato, coloca que a utilização de modelos matemáticos eficazes que norteiem os agricultores nas tomadas de decisões é de grande importância para o setor, visto que auxilia no planejamento das atividades inerente à produção.

Desta forma, com o controle operacional os recursos são otimizados, os ganhos podem ser mensurados e o agricultor pode passar a ter o melhor controle possível em uma propriedade rural, porém é sabido a dificuldade de absorção e uso desta ferramenta, devido ao nível educacional da população rural no Brasil.

Para romper o *status quo*, este trabalho teve o propósito de formular um modelo matemático para a otimização dos recursos disponíveis em uma empresa rural localizada na região do Oeste do interior do Estado de São Paulo. Este modelo foi feito por meio da PO, e desenvolvido um método de PL que auxilia o produtor rural na tomada de decisão, melhorando a performance da distribuição dos recursos disponíveis em uma solução ótima, como resultado é possível aumentar a produtividade, receita, sem aumentar seus custos e/ou a necessidade de insumos, foi considerado o tipo de verdura a ser plantada, os custos dos insumos utilizados e a restrição do uso da terra.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos em uma empresa rural na cidade de Pirapozinho, localizada no Oeste do Estado de São Paulo. Os dados e informações foram coletados no dia 16 de novembro de 2019, onde após sua coleta, foram inseridos em uma planilha eletrônica do MS-Excel, para serem utilizados no Suplemento Solver, disponível no próprio *software*.

O trabalho desenvolvido utilizou-se de metodologias que pudesse colaborar com o objetivo, foram seguidas três etapas, a primeira uma busca documental para o levantamento dos dados da propriedade, em seguida a análise quantitativa dos dados obtidos para aferir a rentabilidade e por fim a pesquisação.

Pesquisa documental segundo Martins e Theóphilo (2009, p. 88), “busca material que não foi editado, como cartas, relatórios, estudos”, nesta pesquisa foi utilizado os relatórios da propriedade e como base nos dados foi feito relatórios gerados pelo Suplemento Solver.

O Solver é um suplemento aplicado a planilhas eletrônicas que otimiza problemas de PL utilizando como base o algoritmo Simplex. O algoritmo Simplex busca por possíveis valores não negativos para um conjunto de variáveis que satisfaçam um sistema de equações lineares. Sua exatidão deve-se às iterações realizadas, pois a cada uma, o algoritmo busca valores que vão de uma extremidade a outra da área de solução, encontrando a melhor solução para o problema em questão (LONGARAY, 2013; DANTZIG, 1998).

De caráter quantitativo pois foram apurados valores, apresentando simulação do lucro e produção utilizando técnicas de PL. A solução de problemas de PL ocorre, por meio do uso de planilhas eletrônicas, depende de uma função objetivo, restrições e uma condição de não-negatividade. Entre as inúmeras ferramentas disponíveis no mercado, o Solver é a mais popular, sendo encontrada principalmente em *softwares* de planilhas eletrônicas como o Microsoft Excel e o LibreOffice Calc (PASSOS, 2008).

Diante do exposto, de posse das informações e com a definição do problema, que é a utilização máxima dos recursos disponíveis para o aumento da produção, os valores obtidos foram relacionados e estruturados em planilha do MS-Excel, onde através do Suplemento Solver foi possível indicar uma intervenção e assim, aplicar melhor os recursos disponíveis, para obter valor máximo de produção, contemplando todas as hortaliças cultivadas na propriedade rural.

Por meio do método proposto, o primeiro passo para continuidade do estudo, e chegar a sua solução ótima, é realizar a modelagem dos dados. Segundo Passos (2008) esta modelagem é realizada em cinco etapas, sendo elas: (1) Variáveis de decisão; (2) Função Objetivo; (3) Restrições; (4) Condição de Não-Negatividade; e (5) Modelo. Desta forma, mediante as cinco etapas conceituadas, será realizada a resolução do problema. Matematicamente, pode-se formular o modelo de um problema de otimização de acordo com o seguinte esquema, de acordo com Garcia et al. (1997).

Maximizar ou Minimizar:

$$R = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Sujeito a: (Restrições de Recursos):

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_n$$

Não-Negatividade

$$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \geq 0$$

Onde:

R = função do Max L (maximização) Min L (minimização) referente a ganho mínimo ou máximo lucro.

Respeitando o conjunto de elementos do problema ou restrições:

X_n = representa as variáveis decisórias que representam as quantidades ou recursos que se quer determinar para otimizar o resultado global;

C_n = coeficiente de ganho ou custo que cada variável é capaz de gerar;

b_n = quantidade disponível de cada recurso;

a_{mn} = quantidade de recurso disponível que cada variável decisória consome.

Não negatividade, representa que as variáveis não podem assumir valor negativo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na elaboração do modelo matemático para otimizar a produção, foram considerados os fatores relevantes para o aumento da lucratividade, otimização dos recursos empregados, estes foram os pontos mais relevantes identificado no levantamento documental.

Desta forma, o modelo avaliado na simulação do Solver considerou os principais inputs nas variáveis de decisão, Quadro 1:

Quadro 1 – Variáveis de decisão.

<p>x1: Quantidade de canteiro de alface crespa a ser produzido</p> <p>x2: Quantidade de canteiro alface americana a ser produzido</p> <p>x3: Quantidade de canteiro alface roxa a ser produzido</p> <p>x4: Quantidade de canteiro rúcula a ser produzido</p> <p>x5: Quantidade de canteiro salsa a ser produzido</p> <p>x6: Quantidade de canteiro cebolinha a ser produzido</p> <p>x7: Quantidade de canteiro coentro a ser produzido</p> <p>x8: Quantidade de canteiro almeirão a ser produzido</p>

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Após a definição das variáveis de decisão, determinou-se a função objetivo. Que consiste nos valores de venda dos produtos a serem produzidos, apurando a lucratividade em cada cultura, tendo como apoio dados fornecidos pelo proprietário da propriedade exposto no Quadro 2.

Quadro 2 – Função Objetivo.

<p>Max Lucro = $315x_1 + 367,5x_2 + 367,5x_3 + 315x_4 + 399x_5 + 283,5x_6 + 283,5x_7 + 283,5x_8$</p>

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Além das variáveis de decisão e da função objetivo, foi necessário definir as restrições da produção, que foi desenhada de acordo com as limitações de recursos da propriedade. Foram identificadas 13 restrições elencadas de determinam os parâmetros do trabalho, conforme descrição seguinte e o Quadro 3:

1. Restrição da quantidade de m² por canteiro;
2. Restrição da quantidade de planta por canteiro;
3. Restrição da quantidade de semente de alface crespa;
4. Restrição da quantidade de semente de alface americana;
5. Restrição da quantidade de semente de alface roxa;
6. Restrição da quantidade de semente de rúcula;
7. Restrição da quantidade de semente de salsa;
8. Restrição da quantidade de semente de cebolinha;
9. Restrição da quantidade de semente de coentro;
10. Restrição da quantidade de semente de almeirão;
11. Restrição da quantidade de adubo NPK;
12. Restrição da quantidade de esterco;
13. Restrição da quantidade de cobertura.

Quadro 3 – Restrições.

1.	$42x_1 + 42x_2 + 42x_3 + 42x_4 + 42x_5 + 42x_6 + 42x_7 + 42x_8$	≤ 15000
2.	$210x_1 + 210x_2 + 210x_3 + 210x_4 + 210x_5 + 210x_6 + 210x_7 + 210x_8$	≤ 70000
3.	$630x_1$	≤ 9500
4.	$630x_2$	≤ 21000
5.	$630x_3$	≤ 21000
6.	$1050x_4$	≤ 30000
7.	$420x_5$	≤ 26000
8.	$420x_6$	≤ 25000
9.	$420x_7$	≤ 25000
10.	$230x_8$	≤ 13000
11.	$3,5x_1 + 3,5x_2 + 3,5x_3 + 3,5x_4 + 3,5x_5 + 3,5x_6 + 3,5x_7 + 3,5x_8$	≤ 1650
12.	$10x_1 + 105x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 10x_5 + 10x_6 + 10x_7 + 10x_8$	≤ 4000
13.	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8$	≤ 500

Fonte: Elaborado pelos Autores.

E por fim a não negatividade no Quadro 4, retrata que os valores dos produtos não podem ser negativos.

Quadro 4 – Condição de Não-Negatividade.

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Como resultado de modelo final do problema foi encontrado a seguinte forma descrita no Quadro 5:

Quadro 5 – Modelagem Completa do Problema.

Função Objetivo	Max L=	$315x_1 + 367,5x_2 + 367,5x_3 + 315x_4 + 399x_5 + 283,5x_6 + 283,5x_7 + 283,5x_8$								
		$42x_1$	$+ 42x_2$	$+ 42x_3$	$+ 42x_4$	$+ 42x_5$	$+ 42x_6$	$+ 42x_7$	$+ 42x_8$	≤ 15000
		$210x_1$	$+ 210x_2$	$+ 210x_3$	$+ 210x_4$	$+ 210x_5$	$+ 210x_6$	$+ 210x_7$	$+ 210x_8$	≤ 70000
		$630x_1$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 9500
		0	$+ 630x_2$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 21000
		0	$+ 0$	$+ 630x_3$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 21000
		0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 1050x_4$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 30000
Sujeito à:		0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 420x_5$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 26000
		0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 420x_6$	$+ 0$	$+ 0$	≤ 25000
		0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 420x_7$	$+ 0$	≤ 25000
		0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 230x_8$	≤ 13000
		$3,5x_1$	$+ 3,5x_2$	$+ 3,5x_3$	$+ 3,5x_4$	$+ 3,5x_5$	$+ 3,5x_6$	$+ 3,5x_7$	$+ 3,5x_8$	≤ 1650
		$10x_1$	$+ 10x_2$	$+ 10x_3$	$+ 10x_4$	$+ 10x_5$	$+ 10x_6$	$+ 10x_7$	$+ 10x_8$	≤ 4000
		x_1	$+ x_2$	$+ x_3$	$+ x_4$	$+ x_5$	$+ x_6$	$+ x_7$	$+ x_8$	\leq
		$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$								

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Após o término da modelagem, podemos iniciar o processo de simulação. As variáveis de decisão representadas no Quadro 1 são as quantidades necessárias de produção de cada cultura. Já as restrições representadas no Quadro 3, são as quantidades máximas de cada ingrediente, essas informações foram transmitidas pelo dono da propriedade.

No passo seguinte obteve-se o valor ideal para as variáveis de decisão, utilizamos a modelagem em planilhas do Excel para a solução do modelo, através do MS-Excel, e aplicamos o Suplemento Solver. Para Na resolução dos cálculos através do Solver, é

necessário seguir algumas etapas. Nestas etapas, são passados os parâmetros de forma que o Solver consiga interpretar e, conseqüentemente, resolver o problema. A Figura 1, apresenta de forma geral, a área de trabalho do MS-Excel, com a planilha alimentada com os dados já resolvido e conforme método proposto.

Figura 1 – Área de trabalho do MS-Excel preenchida.

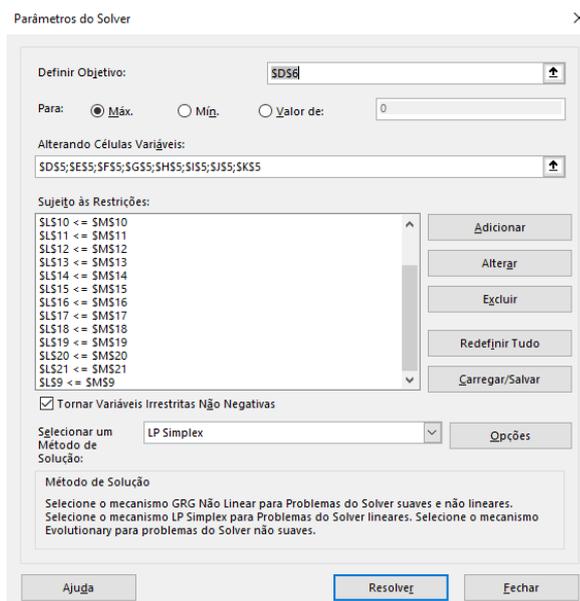
=(C9*\$D\$5)+(D9*\$E\$5)+(E9*\$F\$5)+(F9*\$G\$5)+(G9*\$H\$5)+(H9*\$I\$5)+(I9*\$J\$5)+(J9*\$K\$5)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1												
2		Função Objetivo	Coeficientes									
3		Variável	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8		
4		Valor da Variável	R\$ 315,00	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 315,00	R\$ 399,00	R\$ 283,50	R\$ 283,50	R\$ 283,50		
5		Produção										
6		Lucro Máximo	R\$ 0,00									
7												
8		RESTRICÇÕES	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	LEE	LDE
9		1	42	42	42	42	42	42	42	42	0	15000
10		2	210	210	210	210	210	210	210	210	0	70000
11		3	630	0	0	0	0	0	0	0	0	9500
12		4	0	630	0	0	0	0	0	0	0	21000
13		5	0	0	630	0	0	0	0	0	0	21000
14		6	0	0	0	1050	0	0	0	0	0	30000
15		7	0	0	0	0	420	0	0	0	0	26000
16		8	0	0	0	0	0	420	0	0	0	25000
17		9	0	0	0	0	0	0	420	0	0	25000
18		10	0	0	0	0	0	0	0	230	0	13000
19		11	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0	1650
20		12	10	10	10	10	10	10	10	10	0	4000
21		13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	500

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Para concluir o processo de resolução, uma vez que todas as etapas já estejam finalizadas, abre-se o Suplemento Solver e realiza-se a parametrização das informações necessárias.

Após todos os campos preenchidos, enviou-se o comando de “resolver” e foram obtidos as parametrizações e valores necessário, Figura 2.

Figura 2 – Tela do Suplemento Solver.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Após a mensagem de conclusão, as células referentes ao lucro e variáveis de decisão receberam valores conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Área de trabalho do MS-Excel aplicado o Solver.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2			Função Objetivo	Coeficientes									
3			Variável	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8		
4			Valor da Variável	R\$ 315,00	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 315,00	R\$ 399,00	R\$ 283,50	R\$ 283,50	R\$ 283,50		
5			Produção	15	32	32	28	60	50	48	50		
6			Lucro Máximo	R\$ 102.963,00									
7													
8			RESTRIÇÕES	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	LEE	LDE
9			1	42	42	42	42	42	42	42	42	13230	15000
10			2	210	210	210	210	210	210	210	210	66150	70000
11			3	630	0	0	0	0	0	0	0	9450	9500
12			4	0	630	0	0	0	0	0	0	20160	21000
13			5	0	0	630	0	0	0	0	0	20160	21000
14			6	0	0	0	1050	0	0	0	0	29400	30000
15			7	0	0	0	0	420	0	0	0	25200	26000
16			8	0	0	0	0	0	420	0	0	21000	25000
17			9	0	0	0	0	0	0	420	0	20160	25000
18			10	0	0	0	0	0	0	0	230	11500	13000
19			11	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	1102,5	1650
20			12	10	10	10	10	10	10	10	10	3150	4000
21			13	1	1	1	1	1	1	1	1	315	500

Fonte: Elaborado pelos Autores.

De acordo com a Figura 3, os resultados obtidos foram os seguintes: x1 ou Quantidade de canteiros de alface crespa a ser produzido igual a 15; x2 ou Quantidade de canteiros de alface americana a ser produzido igual a 32; x3 ou Quantidade de canteiros de alface roxa a ser produzido igual a 32; x4 ou Quantidade de canteiros de rúcula a ser produzido igual a 28; x5 ou Quantidade de canteiros de salsa a ser produzido igual a 60; x6

ou Quantidade de canteiros de cebolinha a ser produzido igual a 50; x7 ou Quantidade de canteiros de coentro a ser produzido igual a 48; x8 ou Quantidade de canteiros de almeirão a ser produzido igual a 50 e o Lucro Máximo Bruto foi igual a R\$ 102.963,00.

Observa-se LDE representa a disponibilidade de recursos e LEE a quantidade utilizada de recurso. Dessa forma é possível observar que nenhuma das restrições utilizou o total de disponibilidade, todas apresentaram uma sobra. A semente de alface crespa, dada pela restrição 3 (Figura 3), foi o que se aproximou mais do limite, com um valor de 50 sementes de alface crespa de sobra somente, indicando que este produto é um fator limitante para produção. As demais restrições apresentaram uma sobra importante. Levando a reflexão que o proprietário está permitindo que margem do seu lucro fique em estoque.

Apesar da otimização proposta neste modelo, ainda houve uma sobra de recursos do ativo terra, esta sobra permite o produtor de fazer mais canteiros e utilizar a sobra de sementes, desta forma ele reduz o custo de estocagem, utiliza o máximo seus recursos e podem aumentar ainda mais sua lucratividade. Caso a situação se mantenha, é importante que diminua a quantidade das demais restrições, ou ainda, utilize o resultado da pesquisa, permitindo uma maior produção e conseqüentemente aumento do lucro.

Sem alteração na disponibilidade das restrições, a aplicação do método, nos propiciou uma análise do processo produtivo de hortaliças folhosas, com cultivo direto no solo, com resultados satisfatórios, afinal com a aplicação do método, utilizando o Suplemento Solver do MS-Excel, apresentou-se ao produtor uma previsão de aumento de sua receita bruta, na utilização máxima dos recursos disponíveis, comparado ao que ele produz atualmente.

Esse aumento deu-se na prática devido à determinação da otimização do uso dos recursos existentes na propriedade, concomitantemente na disponibilidade dos produtores em implementar o modelo e assim, atingir o lucro máximo de produção possível dentro da atividade econômica proposta pela propriedade rural.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a utilização da programação linear (PL), por meio da pesquisa operacional para o auxílio à tomada de decisão, criou parâmetros para a gestão do produtor rural, que passou a ter opções de escolhas pautadas em números exatos e, desta forma, passa a gerenciar efetivamente sua propriedade.

Outro fato relevante, foi a possibilidade de escolha do chamado “lucro ótimo”, a modelo desenvolvido, tornou-se uma ferramenta de decisão para a agricultura familiar, as

escolhas podem ser feitas com a expectativa de maximizar os lucros, minimizando os custos, desta forma, a agricultura familiar pode deixar de ser refém das oscilações de mercado.

A não transferência de tecnologia que, por motivos educacionais, é o principal problema no campo para pequenas propriedades, foi facilmente superada. A absorção da tecnologia e das ferramentas ocorreu de forma simples e com isto atingiu-se um aumento na receita da propriedade pesquisada e por consequência seu lucro.

Devido aos resultados obtidos através desta pesquisa, é evidente a importância do uso de ferramentas e sistemas que auxiliem os produtores na tomada de decisão no setor rural. Para promover melhorias e aumento de lucratividade na empresa, no que tange sua produção, propõem-se completar futuramente esta análise com mais valores do custo de produção, inserindo variáveis como mão de obra, tempo de trabalho para cada cultura e outros insumos utilizados no cultivo, além de despesas fixas como energia e água, entre outras, o que irá garantir informações mais precisas, decisões mais assertivas e assim o crescimento do empreendimento.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BODANESE, R; et al. **Teoria Das Restrições, Pesquisa Operacional E Programação Linear, Estudo De Caso Com Utilização Do Solver**. 2020. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/2170>. Acessado em 10 de dezembro de 2020.

BOTACIM, R. S.; FONTANA, V. S.; XAVIER, B. M.; SOUZA, M. Pesquisa Operacional: a comparação de dois métodos para resolução de um problema de programação linear. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v. 09, n. 24, p. 19-33, 2019. Disponível em: <http://ojs3.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/815>. Acesso em: 20 Nov 2019. <https://doi.org/10.25242/885X9242019815>

CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001.

DANTZIG, G. B. **Linear programming and extensions**. Princeton University Press, 1998.

GARCIA, S. GUERREIRO, R., CORRAR, L. J. Teoria das Restrições e Programação Linear. Trabalho apresentado no **V Congresso Internacional de Custos**, Acapulco, México, 1997.

LONGARAY, A. A. **Introdução a pesquisa operacional**. São Paulo: Saraiva, 212 p., 2013.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MONTEZANO, E. M.; PEIL, R. M. N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 129 -132, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/4502>>. Acesso em: 20 Nov 2019. <https://doi.org/10.18539/cast.v12i2.4502>

PASSOS, E. J. P. F. **Programação linear: como instrumento da pesquisa operacional**. São Paulo: Atlas, 451 p., 2008.

SANTOS, N. C. B.; MARTINS, V. W. B. Programação linear como ferramenta à maximização de receitas – estudo de caso de uma fazenda de produção agrícola. In: **Simpósio de Engenharia de Produção, XXII**, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/283710433>>. Acesso em: 22 Nov 2019. <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.3117.5127>