ANAIS

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA TÉCNICA EM ÁREAS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UNESP – ILHA SOLTEIRA

NATALIA STAUDT
staudtnatalia@gmail.com
UNESP ILHA SOLTEIRA

RESUMO: A importância da agricultura para o Brasil é inegável, visto que se trata de uma das principais atividades econômicas do país. O aumento da produtividade teve um papel fundamental no crescimento da produção agrícola brasileira. Neste contexto, a pesquisa em prol dessa atividade é de grande relevância, sendo necessária avaliação da eficiência nas áreas agrícolas voltadas para a pesquisa, de forma a permitir menor consumo de recursos. Objetivou-se analisar a eficiência técnica de experimentos agrícolas desenvolvidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP - Ilha Solteira (FEPE), localizada no município de Selvíria-MS, visando verificar o grau de eficiência produtiva. Metodologicamente, esta avaliação foi realizada pela técnica da Análise Envoltória de Dados (ou DEA – Data Envelopment Analysis), sendo selecionadas 10 unidades experimentais (DMU's), a partir de três inputs e um output. Concluiu-se que o input "tamanho de área experimental" não foi o principal fator determinante para definir a eficiência; por outro lado, o input que obteve maior contribuição foi o "número de aplicações de defensivos", constatando assim que esse deve ser o fator mais expressivo, visando desta forma reduzir a quantidade de aplicações, com o propósito de otimizar tempo e minimizar os custos nos experimentos.

PALAVRAS CHAVE: Desempenho. Gestão. Produção. Unidades experimentais.

ABSTRACT: The importance of agriculture to Brazil is undeniable, since it is one of the main economic activities of the country. Increased productivity played a key role in the growth of Brazilian agricultural production. In this context, the research in favor of this activity is of great relevance, being necessary evaluation of the efficiency in the agricultural areas directed to the research, in order to allow less consumption of resources. The objective of this study was to analyze the technical efficiency of agricultural experiments carried out at the Teaching, Research and Extension Farm of UNESP - Ilha Solteira, located in Selvíria-MS, aiming to verify the degree of productive efficiency. Methodologically, this evaluation was performed by the Data Envelopment Analysis (DEA) technique, and 10 experimental units (DMU's) were selected from three inputs and one output. It was concluded that the input "experimental area size" was not the main determinant to define the efficiency; on the other hand, the input that obtained the greatest contribution was the "number of applications of pesticides", thus confirming that this should be the most expressive factor, in order to reduce the amount of applications, in order to optimize time and minimize costs in the experiments.

KEY WORDS: Performance. Management. Production. Experimental units.

ANAIS

1 INTRODUÇÃO

A importância da agricultura para o Brasil é inegável, visto que se trata de uma das principais atividades do país desde o seu primórdio.

Em decorrência das pesquisas realizadas no país, o aumento da produtividade teve um papel fundamental no crescimento da produção agrícola brasileira. Segundo Landim (2010), houve uma forte expansão da produtividade e aumento da área plantada entre 2000 e 2005 no Brasil. Porém, nossa agricultura ainda apresenta desafios e problemas. Sendo assim, a pesquisa em prol dessa atividade é de grande importância para saná-los, visto que o setor agropecuário é responsável por aproximadamente 14,5% do PIB (Produto Interno Bruto) (IBGE, 2017).

Sendo assim, torna-se de grande importância a avaliação da eficiência nas áreas agrícolas voltadas para a pesquisa, nos permitindo assim um menor consumo de recursos. Para Carvalho (2015), a eficiência de uma unidade produtiva pode ser medida pela comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos, com seus respectivos recursos utilizados no ciclo produtivo.

Neste contexto, esta avaliação pode ser feita pela da Análise Envoltória de Dados (ou DEA – *Data Envelopment Analysis*), visto que o emprego de DEA na agricultura pode tanto apoiar as decisões dos agricultores quanto ser aplicado em unidades experimentais de pesquisa, indicando possíveis fontes de ineficiência (GOMES et al., 2001).

A abordagem por DEA é capaz de incorporar diversos *inputs* (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e *outputs* (saídas ou produtos) para calcular a eficiência das unidades de decisão, as chamadas DMU's (*Decision Making Units*) (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005).

2 OBJETIVOS

Analisar a eficiência técnica de experimentos agrícolas desenvolvidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP Ilha Solteira (FEPE), visando verificar o grau de eficiência produtiva. Especificamente, pretendeu-se classificar cada DMU como eficiente ou ineficiente, por meio de um modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA); identificar as unidades (DMU) tecnicamente mais eficientes, como referência às demais; e caracterizar as principais causas de ineficiência, com o propósito de otimizar os recursos no sistema de produção.

3 METODOLOGIA

Os dados utilizados nesta pesquisa foram provenientes de experimentos realizados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), setor de produção vegetal (Cerrado) da UNESP Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS (20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 m), entre os anos de 2017 e 2018.

Para realização da análise de eficiência, foram avaliados 10 (dez) experimentos (DMU's) realizados na FEPE, quantidade suficiente para que se tenha um resultado satisfatório da análise DEA de acordo com Ali e Seiford (1993), em que o número de unidades de produção estivesse, pelo menos, duas vezes o número de insumos (X) e produtos (Y), sendo o número de

unidades necessárias >2 (X + Y). Foi adotado o modelo DEA-CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), que avalia a eficiência total, identifica as DMU´s eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes, assumindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

Para utilizar o modelo, foram necessários estabelecer duas matrizes de dados, uma contendo os insumos correspondentes aos fatores de produção utilizados nos experimentos (matriz X) e outra relacionada com o produto (matriz Y), relacionada à produtividade obtida de cada experimento, conforme Figura 1.

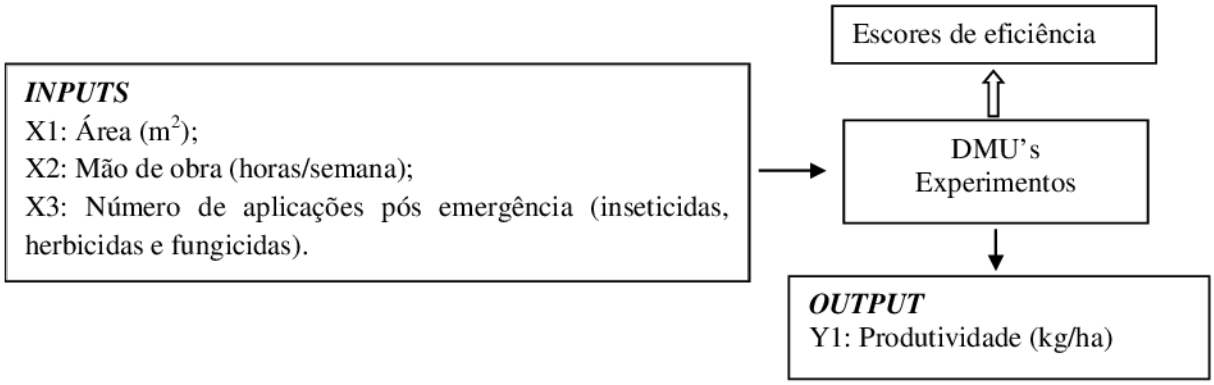


Figura 1. Variáveis utilizadas no modelo DEA proposto pela pesquisa.

Fonte: elaborado pelo autor.

Foi utilizada a orientação *input* no modelo CCR, de forma a reduzir no processo de gestão da atividade os gastos com insumos e otimizar horas de trabalho, mantendo constante o produto. A orientação previamente selecionada priorizou verificar se a produção obtida justifica a quantidade de recursos alocados.

O desenvolvimento do trabalho pautou-se em uma caracterização de medida de eficiência, por meio de análise multicriterial, construída a partir de abordagens de desempenho diferentes, facilitando o processo decisório, por meio de um método não paramétrico[1], com o auxílio do *software* SIAD – versão 3.0 (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), apresentado por Ângulo Meza et al (2005).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, são apresentadas as unidades tomadoras de decisão (DMU's), os *inputs* e o *output* escolhidos para conduzir a análise de eficiência (Tabela 1).

O *input* 1 se refere a área da DMU em metros quadrados (m²), o *input* 2 são as horas de trabalho por semana investidas em cada área experimental e o *input* 3 corresponde ao número de aplicações pós emergência das áreas. Tratando-se do *output*, este corresponde a produtividade da DMU em quilos (kg) por hectare (ha).

1 Técnica de programação linear. Em comparação à estatística (modelo paramétrico), tem como vantagem a simplificação deste, em relação às exigências e pressuposições, viabilizando assim, pesquisas de temas relevantes para o segmento agrícola.

Tabela 1. Unidades tomadoras de decisão (DMU's), dados INPUT e OUTPUT, Ilha Solteira/SP, 2018.

DMU	INPUT 1	INPUT 2	INPUT 3	OUTPUT
1 (arroz)	500	4	3	6.000
2 (milho)	5.000	4	3	9.000
3 (feijão)	1.000	4	6	3.500
4 (arroz)	3.380	8	5	5.852
5 (soja)	3.380	8	5	5.032
6 (soja)	3.380	6	5	2.619
7 (algodão)	5.000	2	9	2.280
8 (milho)	5.000	2	9	6.133
9 (milho)	5.000	4	6	6.804
10 (soja)	5.000	4	5	3.060

Input 1: área em m²; input 2: hs/semana; input 3: nº de aplicações; output: kg/ha.
Fonte: autoria própria.

Sequencialmente, foram apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis de análise de eficiência das unidades tomadoras de decisão (Tabela 2). Os resultados apresentam diferença considerável tanto da área mínima para a máxima, quanto o número mínimo e máximo de aplicações (amplitude de valores entre *inputs-output*), justificando a variabilidade entre as classes de eficiência.

Tabela 2. Estatística descritiva das unidades tomadoras de decisão, Ilha Solteira/SP, 2018.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão Amostral	Mínimo	Máximo
Área (I1)	m²	3.664	1.708,61	500	5.000
Mão de obra (I2)	horas/semana	4,60	2,11	2	8
Aplicações (I3)	número/ciclo	5,60	2,06	3	9
Produtividade (O1)	kg/ha	5.028,20	2.143,15	2280	9.000

Fonte: autoria própria.

Com base nas informações de eficiência (Tabela 3), pode-se verificar, quanto ao desempenho, quais áreas foram eficientes (pelo modelo DEA). Essas áreas foram as que melhor combinaram os *inputs* e o *output*, ou seja, as melhores são aquelas que possuem um desempenho superior (próximo ou chegando a 100%).

Tabela 3. Distribuição por classe de eficiência de unidades tomadoras de decisão (modelo DEA-CCR I), Ilha Solteira/SP, 2018.

Classe de eficiência	%	Área (m²) (média)	Mão de obra (hs) (média)	Aplicações (nº) (média)	Produtividade (kg/ha) (média)
0 – 0,29	10	3.380	6	5	2.619,50
0,3 – 0,49	30	4.460	4,66	6,33	3.457,48
0,5 –0,69	20	2.190	6	5,5	4.676,40
0,7 –0,89	10	5.000	4	6	6.804
0,9 –1,00	30	3.500	3,33	5	7.268

Fonte: autoria própria.

Observa-se que na distribuição das áreas experimentais por classe de eficiência, a considerada mais eficiente (0,9 – 1,00), corresponde a 30% das áreas amostradas, que equivale a 3 (três) áreas, sendo que uma (DMU 2) demonstrou o maior desempenho entre elas, tendo a eficiência composta como critério de desempate. Nas 3 (três) áreas dentro da classe de eficiência, tem-se uma média de 5 aplicações pós-emergência das culturas e a produtividade média resulta em 7.268 quilos por hectare.

A partir do momento em que verifica-se que a área mais eficiente analisada é a DMU 2 (pelo critério de desempate de eficiência composta), com valores de horas de trabalho e número de aplicações menores que a média das DMU's avaliadas, essa área pode servir como exemplo (*benchmark*) para as demais unidades ineficientes, em especial no que se refere à quantidade de aplicações, visto que é o *input* considerado de maior relevância.

Tomando-se como exemplo 2 (duas) das 3 (três) áreas eficientes, denominadas DMU 2 e DMU 8 (Tabela 4), ambas apresentam o mesmo tamanho em metros quadrados, diferindo pouco em relação a horas de trabalho investidas, porém a diferença na quantidade de aplicações pós-emergência é a de maior relevância. Segundo Silva e Costa (2011), os ganhos da produção agrícola mundial e o aumento da produtividade nas últimas quatro décadas se devem a alguns fatores, dentre eles o combate às pragas com uso de defensivos. Porém, sob a ótica agronômica, sabe-se que o uso exagerado desses produtos químicos, além de não ser favorável para o meio ambiente, não é sinônimo de alta produtividade, tanto que na DMU 2, que obteve melhor resultado amostral, o número de aplicações foi notadamente inferior à DMU 8.

Tabela 4. Unidades tomadoras de decisão de maior eficiência, Ilha Solteira/SP, 2018.

DMU	Input 1 (m^2)	Input 2 (hs/semana)	Input 3 (nº aplicações)	Output (kg/ha)	Eficiência padrão	Eficiência composta
1	500	4	3	6.000	1,0000	1,0081
2	5.000	4	3	9.000	1,0000	1,0000
8	5.000	2	9	6.133,3	1,0000	0,9605
9	5.000	4	6	6804	0,7560	0,7980

Fonte: autoria própria.

Segundo Juliatti, Nascimento e Rezende (2010), em uma avaliação da severidade de doenças foliares no milho, encontraram-se diferenças significativas entre as combinações de pontas e volumes para algumas patologias, mas nada referente à quantidade de aplicações na cultura para controle. Resultados semelhantes foram encontrados por Brandão (2002) e Souza (2005), para sistemas do milho. Segundo Juliatti, Nascimento e Rezende (2010), a resposta diverge dependendo do genótipo usado, ano agrícola e época de plantio, legitimando a teoria de que as áreas plantadas diferiram em relação a estes itens, chegando assim a resultados

semelhantes quanto à eficiência, porém com grande divergência tratando-se do *input* em questão.

Os resultados dos modelos DEA de cada área ineficiente, se repassados a um agente de serviço de extensão rural ou a um engenheiro agrônomo responsável pela fazenda experimental, podem ajudar na promoção da eficiência dessas áreas.

De forma geral, a distribuição da eficiência técnica por DMU no modelo CCR-*input* é expressa por percentuais de eficiência técnica das unidades de produção (Figura 1), classificando como eficientes as áreas com melhor otimização de seus insumos, mantendo-se constante a produção obtida para cada unidade. De maneira geral, a média foi de 61,9% entre as unidades para o modelo CCR-*input*.

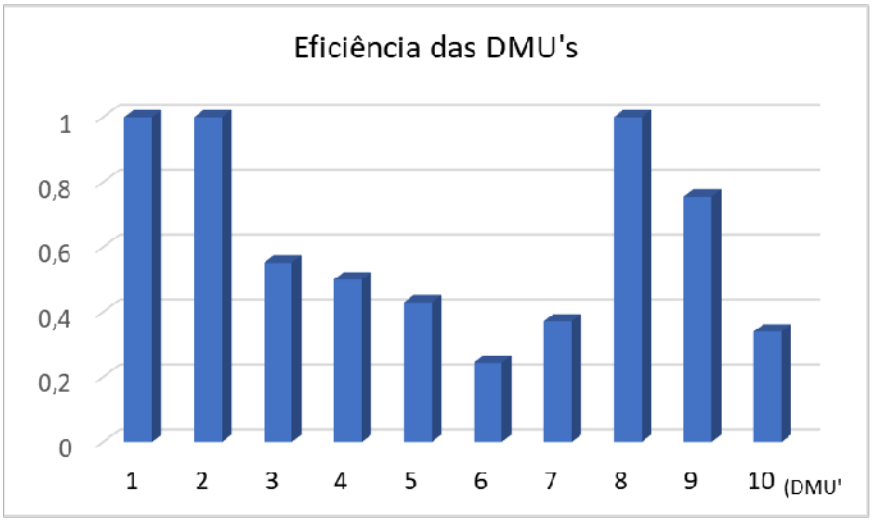


Figura 1. Distribuição da eficiência técnica por DMU no modelo DEA CCR (*input*), Ilha Solteira/SP, 2018.

Fonte: autoria própria.

Assim, na análise de *benchmark* para as unidades produtivas analisadas, identifica-se que as DMU 1, 2 e 8 são pares de excelência para as unidades demais áreas experimentais, entendidas como ineficientes, em função da representatividade dos pesos atribuídos de cada DMU eficiente à distância da fronteira.

Segundo Kassai (2002), as DMU's que alcançaram máxima eficiência total já otimizaram a produção total em relação aos insumos, e não podem reduzir a quantidade de *inputs* (insumos) sem que a produção (*output*) sofra uma contração. Ou seja, o modelo permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas das ineficiências identificadas.

Finalmente, a Tabela 5 resume os indicadores para as diferenças entre os dados atuais e os alvos a serem atingidos, para que se possam tornar eficientes por DMU segundo o modelo constante de escala orientado aos insumos, que explica a diferença de desempenho entre as unidades piscícolas. Por exemplo, a DMU 9 deve reorientar seu planejamento para reduzir o

uso de insumos de maneira proporcional à produção obtida, em aproximadamente 75% para o conjunto de *inputs* considerados.

Tabela 5. Alteração dos valores atuais das variáveis da DMU 9 (ineficiente) na cultura do milho, para que se torne eficiente, Ilha Solteira/SP, 2018.

DMU	Variáveis (*Inputs*)	Valor Atual	Folgas	Alvo	Δ%
9 (0,756)	Área (I1)	5.000	-	3.780	-24,40
	Mão de obra (I2)	4	-	3,024	
	Aplicações (I3)	6	2,268	2,268	

Fonte: autoria própria.

Entretanto, por analisar diferentes culturas em campo (cada qual com suas diferenças fisiológicas para o crescimento/desenvolvimento), convém destacar uma análise comparativa entre dois experimentos com a mesma cultura. Por exemplo, analisando-se as DMU's 8 e 9 (cultura do milho), observa-se valores de 100% e 75,6% de eficiência padrão respectivamente. Desta forma, os alvos indicam para esta última DMU uma projeção de área de cultivo em 3.780 m^2, 3,024 horas de mão de obra e redução de aplicações para 2,268 vezes, mantendo a produção na mesma magnitude, de forma a tornar eficiente.

A análise dos alvos serve de suporte à produção, para que o gestor tenha referências na busca por formas de adequação e alcance dos objetivos necessários. Para as folgas, o item de maior contribuição foi a frequência de aplicações de defensivos, sendo destacados como mais relevantes para se atingir a eficiência técnica das DMU's analisadas. Vale destacar que as folgas se referem às quantidades extras a serem reduzidas nos insumos para que o produtor atinja o conjunto de eficiência radial[2], após todos os insumos terem sido minimizados de maneira proporcional (SURCO, 2004).

Portanto, tais informações são importantes para a mudança das práticas de gestão condizentes a cada experimento em questão. Desta forma, considerando um conjunto de alternativas rotineiras de processo, algumas estratégias podem ser adotadas nas unidades experimentais para otimizar tempo e consequentes gastos com mão de obra e número de aplicações (frequência), dentre as quais melhor manejo na condução do experimento, respeitando-se as características peculiares de cada cultura implantada no período do ciclo produtivo e melhor aproveitamento de mão de obra nas diferentes etapas de cultivo, considerando ainda outros experimentos concomitantes com a otimização de horas gastas e distribuídas na condução das culturas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica multicriterial que auxilia no processo de tomada de decisão, podendo servir como modelo complementar em áreas experimentais, tendo em vista que as áreas ineficientes podem sem aprimoradas a ponto de se tornarem eficientes.

2 Eficiência Radial = alvo+folgas

No trabalho em questão, o tamanho da área experimental não foi o principal fator determinante para definir eficiência das áreas. Desta forma, o *input* que obteve maior peso nessa caracterização foi o número de aplicações, constatando assim que esse deve ser o fator mais observado em futuras DMU's, visando reduzir a quantidade de aplicações, otimizando tempo e minimizando custos.

Por fim, recomenda-se maior atenção aos produtores/pesquisadores quanto à verificação dos desperdícios que não contribuem para a otimização do experimento, bem como em relação aos insumos, explicativos de maior grau de ineficiência nas DMU's analisadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A. I., SEIFORD, L. M. The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis. In: FRIED, H. O., LOVELL, C. A. K., SCHIMIDT, S. S. (Orgs.). The **Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Application.** New York: Oxford University Press, 1993. cap. 3, p. 120-159.

ANGULO MEZA, L., L. BIONDI NETO, J. C. C. B. SOARES DE MELLO E E E.G. GOMES. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p 493-503, 2005.

BRANDÃO, A. M. **Manejo da cercosporiose (*Cercospora zeaem aydis Tehon & Daniels*) e da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* SCHW) pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação**. 2002. 143p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – ICIAG, UFU, Uberlândia.

CARVALHO, J. B. **Análise envoltória de dados para avaliação de eficiência de unidades produtoras de alface no município de Ilha Solteira/SP.** 2015. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2015.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MANGABEIRA, J. A. C. Estudo da Sustentabilidade Agrícola em um Município Amazônico com Análise Envoltória de Dados. **Pesquisa Operacional**, v. 29 (1), p.23-42, 2009.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E.; BIONDI, L. N. Avaliação de eficiência de companhias aéreas brasileiras: uma abordagem por Análise de Envoltória de Dados. In: Setti, J. R. A; Lima Júnior, O. F. (eds.). **Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes**, 2001, v. 2, 2001, p. 125-133.

GOMES, E. G; MANGABEIRA, J. A. C; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 4, out/ dez. 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Agropecuária puxa o PIB de 2017.** 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>. Acesso em: 7 fev. 2019.

JULIATTI, F. C; NASCIMENTO, C; REZENDE, A. A. Avaliação de diferentes pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura do milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p.216-221, 03 ago. 2010.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ANAIS

LANDIM, R. **Brasil já é o terceiro maior exportador agrícola do mundo**. Economia e Negócios – O Estado de São Paulo. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-ja-e-o-terceiro-maior-exportador-agricola-do-mundo,520500>. Acesso em: 08 Nov. 2018.

RONCON, N. **A importância do setor agrícola para a economia brasileira.** 2011. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração de Empresas, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – Imesa - Fema, Assis, 2011. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0811260631.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.

SILVA, M. F. O.; COSTA, L. M. A indústria de defensivos agrícolas. **Cadernos BNDES Setorial**, v. 35, p. 233-276, 2011.

SOUZA, P. P. **Evolução da cercosporiose e da mancha branca do milho e quantificação de perdas em diferentes genótipos, com controle químico**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – ICIAG, UFU, Uberlândia.

SURCO, D. F. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para avaliação de eficiência técnica baseada em DEA**. Dissertação (Mestrado em Métodos numéricos em engenharia). UFPR. Curitiba, 2004. 129 f.