O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano V | Volume 16 | Nº 48 | Boa Vista | 2023

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.10314496

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

ANÁLISE DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS PELO MÉTODO CAUE

Adrean Andressa Freitas de Oliveira[1]

Ricardo Guimarães de Queiroz[2]

Régio Marcio Toesca Gimenes[3]

Resumo

O objetivo geral deste estudo foi avaliar, sob o ponto de vista econômico, o momento ótimo para substituição de máquinas agrícolas. No contexto econômico no qual a agricultura se insere, a difusão de informações é essencial para a tomada de decisões, principalmente, quando estas se relacionam a fatores como custos e benefícios dos investimentos a serem realizados. A necessidade de substituição de um equipamento agrícola, decorre do aumento dos custos para mantê-lo, tendo destaque, os relacionados a reparos e manutenções que ao longo dos anos tendem a crescer acentuadamente. Investimentos em substituição de equipamentos devem ser subsidiados por meio de métodos e análises econômicas que mensurem informações e racionalizem a tomada de decisão por parte do produtor rural ao determinar o momento ideal desta substituição. Esta decisão possui importância crítica, pois, trata-se de uma decisão irreversível e que compromete grandes quantias de dinheiro. Foi utilizado o método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) para calcular a vida econômica de uma colheitadeira através do método de substituição idêntica. Os resultados demonstram que, para o ativo em questão, o CAUE foi mínimo no oitavo ano, o que representa a vida econômica deste ativo. Este é o momento ideal para se substituir o equipamento em questão, pois à partir daí, seus custos aumentarão de forma exponencial e seu valor de revenda será reduzido drasticamente.

Palavras-chave: Custo Anual Uniforme Equivalente; Substituição de Equipamentos; Viabilidade Econômica; Vida Econômica.

Abstract

The aim of this study was to evaluate, from an economic point of view, the optimal time to replace agricultural machinery. In the economic context in which agriculture is inserted, the dissemination of information is essential for decision-making, especially when these relate to factors such as costs and benefits of the investments to be made. The need to replace agricultural equipment arises from the increase in costs to maintain it, especially those related to repairs and maintenance, which over the years tend to grow sharply. Investments in equipment replacement must be subsidized through methods and economic analyzes that measure information and rationalize decision-making by the rural producer when determining the ideal moment for this replacement. This decision is of critical importance, as it is an irreversible decision that commits large amounts of money. The Equivalent Uniform Annual Cost (CAUE) method was used to calculate the economic life of a combine through the identical replacement method. The results show that, for the asset in question, the CAUE was minimum in the eighth year, which represents the economic life of this asset. This is the ideal time to replace the equipment in question, as from then on, your costs will increase exponentially and your resale value will be drastically reduced.

Keywords: Economic Life; Economic Viability; Equipment Replacement; Equivalent Uniform Annual Cost.

[1] Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). E-mail para contato: adreanoliveira@yahoo.com.br

[2] Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Doutor em Agronegócios. E-mail para contato: rgq7@yahoo.com.br

[3] Professor da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Doutor em Administração. E-mail para contato: regiogimenes@ufgd.edu.br

INTRODUÇÃO

O aumento do uso da mecanização agropecuária está exigindo novos investimentos em máquinas que realizam suas funções com maior eficácia e tecnologia acionada para consentir as várias demandas das atividades agrícolas. Essa mecanização da agricultura é uma realidade que está se especializando no país desde a chegada dos primeiros equipamentos importados, em 1965, da Europa e dos Estados Unidos. Com isto, os avanços tecnológicos vêm trazendo ao meio rural maiores condições para o planejamento, o desenvolvimento das operações, o aumento da produtividade e a redução de custos.

Assim, o processo de mecanização no campo trouxe diversas melhorias para os agricultores e demais envolvidos na cadeia de produção, ocasionando transformações estruturais que ocorrem na agropecuária brasileira e que estão em interface com o desenvolvimento científico e tecnológico voltado para o setor.

Desta forma, o aperfeiçoamento do desempenho dos sistemas mecanizados passa essencialmente por questões que requerem um entendimento adequado das relações existentes entre os aspectos econômicos e técnicos da mecanização. O acompanhamento sistemático dos cálculos dos custos operacionais e os da performance, ao longo da vida útil, são fatores fundamentais, no caso de máquinas agrícolas, para seu uso racional.

Portanto, a escolha correta de uma máquina, implica na análise detalhada de uma série de aspectos de natureza administrativa, organizacional, econômica e técnica. Diante do exposto, a questão que conduz este estudo é: Do ponto de vista econômico, qual é o momento ótimo para substituição de um ativo?

A substituição de um equipamento envolve um conjunto de princípios e procedimentos econômicos que apontem a viabilidade de manter ou substituir o equipamento existente. Diante deste breve contexto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar, sob o ponto de vista econômico, o momento ótimo para substituição de máquinas agrícolas.

Este trabalho é composto por esta breve Introdução, seguida do Referencial Teórico que embasa esta pesquisa, posteriormente, apresenta-se a Metodologia utilizada, os Resultados obtidos por esta pesquisa, sua Discussão e por fim as Considerações finais.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023), nos últimos 47 anos, a agropecuária cresceu em média 3,22% ao ano. Entre os censos de 2006 e 2017, a taxa

de crescimento aproximou-se de 4,3%, superando Estados Unidos (1,9%), China (3,3%), Chile (3,1%) e Argentina (2,7%). De 1995 a 2017, o Valor Bruto da Produção dobrou, sendo que a tecnologia foi responsável por mais de 60% desse crescimento.

No quesito investimentos, segundo Silveira *et al.*, (2006), o custo da mecanização agrícola é de 20 a 40% do custo total de produção. Pacheco (2000) aconselha que o fabricante faça uma análise dos custos das diversas operações agrícolas e alega que para isto se faz necessário um controle que permita uma análise econômica de utilização das máquinas agrícolas, pois, uma escolha incorreta ou até mesmo no momento errado pode custar muito caro (MATHEW; KENNEDY, 2003). Desta forma, a substituição estratégica de um equipamento se torna uma ferramenta essencial na gestão de ativos de capital (KHAN *et al.*, 2020; VAN DER LEI, 2012). Segundo Kinnunen *et al.* (2020), frotas, máquinas ou equipamentos podem ser considerados na gestão de ativos. Desta forma, os ativos podem ser otimizados através da utilização do CAUE (ALMOBAREK, 2021), garantindo assim, a otimização dos equipamentos dentro de um tempo médio de resolução, para que não haja grande obsolescência dos ativos com o passar do tempo (EMILIANO *et al.*, 2020).

Contudo, a substituição de um equipamento envolve um conjunto de princípios e procedimentos econômicos que apontem a viabilidade de manter ou substituir o equipamento existente. Portanto, a decisão de substituir o equipamento existente pode ser atribuída a duas razões: o aumento dos custos de operação e manutenção do equipamento existente e a disponibilidade de tecnologia mais avançada no mercado (KHAN *et al.*, 2020), tornando os equipamentos mais eficientes trazendo benefícios adicionais (HARTMAN, 2005).

Segundo Oliveira (2000), qualquer máquina pode ter sua vida útil prolongada, não fosse o fato do obsoletismo e de que os custos operacionais, a partir de determinado instante, tornam antieconômico seu uso. A partir de então, a máquina deve ser substituída. O tempo exato em que isto ocorre é denominado de ponto de renovação. Sua relevância advém do fato de que com uma substituição prematura o proprietário pode se desfazer de um bem antes do período de recuperação do capital e se tardia, esse bem pode descapitalizar-se, em virtude dos elevados custos de manutenção e operacionais, além de ter reduzido valor de revenda do equipamento. Esse é um problema complexo, uma vez que requer, conhecimentos da área econômica e de engenharia.

Outro enfoque que dificulta a determinação do ponto de substituição de equipamentos é o fato de poucas empresas agrícolas possuírem registros dos dados relativos aos gastos e desempenho de sua frota ao longo de sua vida útil, o que impede o acompanhamento sistemático e estudos para tomada de decisão. Contudo, a mecanização agrícola exige cada vez mais a utilização de máquinas com tecnologias sofisticadas para atender as diversas demandas da atividade agrícola, com maior eficiência (KHAN *et*

al., 2020). Essas máquinas, no entanto, apresentam maior valor de mercado e sua substituição deve ser mais criteriosa.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2023), os processos agropecuários, desde os mais tradicionais como uma colheita até os mais inovadores como a agricultura de precisão, têm suas próprias características e suas oportunidades de automação. Inúmeros aspectos devem ser considerados para obter um processo sustentável tanto econômico, como ambiental e social. Apesar da automação parecer atuar de forma especializada, a mecanização agropecuária exige uma abordagem holística e sistêmica para alcançar o seu objetivo.

Segundo Azevedo *et al.* (2008, p. 2) "[...] o Brasil é um dos países que mais se destaca no cenário mundial da agricultura, devido à sua crescente expansão na produção de grãos". Essa confirmação ressalta a importância do país relacionado a produção de alimentos, tanto em âmbito mundial, como em nível nacional. Os pesquisadores costumam dividir a administração financeira em decisões de financiamento e investimento de longo e de curto prazo. Enquanto a primeira trata de investimentos e estrutura de capital, a segunda enfoca o ativo e passivo circulante da empresa, como caixa, capital de giro fontes de financiamento a curto prazo, estoques e valores a receber.

O termo investimento refere-se aos dispêndios de capital feitos pela empresa a longo prazo com a finalidade de produzir benefícios à mesma (ASSAF NETO, 2020). Esse dispêndio tem a possibilidade de estar ligado a ativos tangíveis ou intangíveis. À vista disto, a reforma de um imóvel, o encaminhamento de dinheiro para pesquisa e desenvolvimento ou para uma avantajada campanha publicitária, a aquisição de um equipamento, podem ser tratados como investimento. Quando relacionado a ativo permanente, o dispêndio de capital pode ocorrer por diversas razões, dentre estas, a substituição, a modernização de ativos fixos e a expansão (GITMAN, 2007). A renovação está ligada ao conceito de substituição. Ocorrendo a reposição de ativos com altos custos operacionais ou obsoletos por outros equipamentos mais eficazes.

A modernização é exemplificada pela prática de reformas, atualização de *softwares*, *upgrades* de equipamentos fabris, renovação de instalações elétricas, dentre outros. Na modernização, o ativo antigo permanece, mas obtém-se o investimento para dar início a um novo ciclo de vida no mesmo. A expansão ocorre especialmente em organizações em fases de crescimento e/ou novas. Este investimento ocorre para aquisição de infraestrutura adicional, que se desloca desde instalações fabris e imóveis, até o acréscimo da quantidade de equipamentos de produtividade.

Ainda que seja uma situação normal nas entidades, a substituição de um ativo representa uma decisão bem criteriosa para uma empresa. Hirschfeld (2014) destaca que, existem algumas ocasiões típicas em que convém uma análise de viabilidade para substituição de um ativo. Tendo como principais

razões: a inadequada execução das funções requisitadas; o surgimento de alternativas mais vantajosas, como locação de equipamentos; obsolescência tecnológica e o excessivo custo de manutenção e operação.

Entretanto, Casarotto Filho e Kopittke (2010), destacam como situações de substituição: substituição idêntica; baixa sem reposição; substituição não idêntica; substituição com progresso tecnológico; substituição estratégica. Conforme estes equipamentos são utilizados em suas funções, seus custos operacionais aumentam ao longo do tempo, tornando-se preciso a substituição por outros semelhantes, sendo caracterizado, neste caso, uma substituição idêntica. Assim, o principal conflito existente neste processo está no obstáculo de decidir qual o melhor momento para ser efetivado o ato de substituição. As avaliações errôneas nessas decisões podem comprometer a continuidade das entidades, inseridas num ambiente dinâmico competitivo. A substituição tardia, como a de máquinas e equipamentos, acarretará a organização a incorrer em perdas financeiras, mutualmente, nos elevados custos operacionais ou na recuperação do capital (HE *et al.*, 2023; VALVERDE; RESENDE, 1997).

Ademais, de acordo com Abensur (2015), a substituição de equipamentos deve-se a: (i) altos custos operacionais e de manutenção devido à deterioração física com idade e uso; (ii) obsolescência por avanço tecnológico que oferece métodos mais eficientes ou melhores máquinas; (iii) incapacidade de atendimento da demanda atual (inadequação); (iv) locação competitiva de equipamentos similares com vantagens fiscais; e (v) quando a substituição do equipamento, mesmo que ainda esteja em boas condições de uso, oferece alguma vantagem econômica.

Para ser realizada a substituição de equipamentos, é preciso realizar a mensuração dos resultados econômicos, podendo assim, avaliar as diversas alternativas para a tomada de decisão. Para Panegossi e Silva (2019), as principais técnicas empregadas são: (i) valor presente líquido (VPL); (i) custo anual equivalente (CAE) e (iii) taxa interna de retorno (TIR). O fluxo de caixa permite conhecer a rentabilidade e a viabilidade econômica do projeto, ou seja, representa a renda econômica gerada pelo projeto durante sua vida útil. Com base nos fluxos de caixa deve ser processada a análise de investimento, e o dimensionamento desses valores é considerado o aspecto mais importante da decisão (SAMANEZ, 2009).

Segundo Warschauer (2010), o método do VPL transporta todos os custos e receitas para a data zero. Essa locomoção ocorre com a "taxa de mercado", que é o custo do capital para obter financiamento, ou a "taxa mínima de atratividade", sendo a taxa para aplicar o capital, caso o projeto de investimento não for realizado. Na substituição de equipamentos, este método calcula os valores presentes dos rendimentos futuros de cada uma das alternativas a fim compará-las, preferindo a que tem maior VPL (PANEGOSSI; SILVA, 2019).

Hasting (2015) explana que a vida econômica de um bem é aquela em que não é mais viável mantê-lo do ponto de vista dos custos, sendo que está é a duração que minimiza o custo do bem por unidade de tempo, ou seja, este é o ponto que permite, para um fluxo de caixa, um Custo Anual Equivalente (CAE). Este método transforma todos os pagamentos e recebimentos de capital em uma série de pagamentos iguais equivalentes, adotando uma determinada taxa de mercado. Se a série for positiva, o projeto apresenta lucro; se for negativa, o projeto apresenta custo. Em substituição de equipamentos, o método do custo anual ou custo de produção calcula o custo unitário da produção ou o custo anual de cada alternativa, dando preferência à alternativa que apresenta o menor custo (WARSCHAUER, 2010). Quando aplicado corretamente a projetos de investimento ou financiamento, o método TIR, calcula a taxa de juros que torna nulo o valor presente de todas as entradas, somadas aos valores presentes de todas as saídas. Se a taxa for maior que a taxa de juros do mercado, o projeto é vantajoso; caso contrário, é melhor não executar o projeto e aplicar o dinheiro no mercado. Em substituição de equipamentos, esse método calcula qual a alternativa que conduz à melhor taxa interna de retorno de renda em relação ao capital investido (WARSCHAUER, 2010).

Desta forma, o presente artigo ressalta o motivo para a substituição de equipamentos, juntamente com a decisão a respeito do devido momento para efetivar a troca de um ativo, de modo que proporcione economias expressivas para a organização. Esse estudo confrontará o dispêndio de capital para adquirir um novo equipamento, que inclui seu custo inicial, valor da mão-de-obra do operador e todos os outros gastos necessários para colocá-lo em funcionamento, com o custo de permanecer com o equipamento antigo, que inclui manutenção preventiva e corretiva, consumo de combustível, produtividade e preço residual.

METODOLOGIA

Esta pesquisa teve início com uma breve revisão da literatura realizada para reconhecer, apurar e examinar de forma crítica pesquisas potencialmente relevantes e efetuar uma compreensão dos textos considerando sua abrangência em relação a determinados propósitos, de forma a identificar as lacunas e direcionar para trabalhos futuros (LITTEL *et al*., 2008). Assim, a revisão da literatura apresenta-se de forma multidisciplinar e analisa os aspectos mais relevantes e objetivos da comunidade científica (SPINAK, 1998).

Os dados utilizados neste estudo foram secundários e foram coletados no primeiro semestre de 2021 em uma concessionária de equipamentos agrícolas no município de Ponta Porã, estado de Mato Grosso do Sul, não utilizando nenhuma propriedade rural específica. O ativo selecionado foi uma

Colheitadeira, marca NEW HOLLAND, modelo CR 8.90, cujo preço deste equipamento, no período em que os dados foram coletados, foi de R$ 1,7 milhões.

Para o progresso do estudo de substituição de equipamentos, optou-se por realizar a técnica de substituição idêntica, vez que, com o passar de tempo e uso excessivo, os equipamentos apresentam custos crescentes devido ao desgaste e deverão ser substituídos por novos. Desta forma, serão substituídos, após um determinado período, por outro equipamento de características semelhantes. Na literatura, o intervalo ótimo entre duas substituições é denominado Vida Econômica (VE).

Para a determinação da vida econômica utilizou-se o cálculo de dois custos: o custo do investimento inicial que tende a tornar a vida do bem a maior possível e o custo de operação/manutenção, que tendem a encurtar a vida do bem já que são crescentes. Desta forma, para a determinação da VE calculou-se os Custos Anuais Uniformes Equivalentes (CAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis, dentro de um período de 16 anos. Sendo assim, para que a VE do ativo seja definida, deve-se observar o ano para o qual o CAUE é mínimo.

Para a realização do cálculo do CAUE, foi utilizada a fórmula abaixo, que é dividida em dois termos. No primeiro, considera-se o investimento inicial, somam-se os valores atuais dos custos ao longo dos N períodos e, posteriormente, subtrai-se o valor atual de revenda. Em seguida, multiplica-se esse primeiro termo pelo fator de recuperação do capital, representado pelo segundo termo da fórmula.

$$CAUE_{(t)} = [\, I + \sum_{t=1}^{N} \frac{C_t}{(1+r)^t} - \frac{VR_t}{(1+r)^t} \,] \; x \; [\, \frac{(1+r)^t \,.\, r}{(1+r)^t - 1} \,]$$

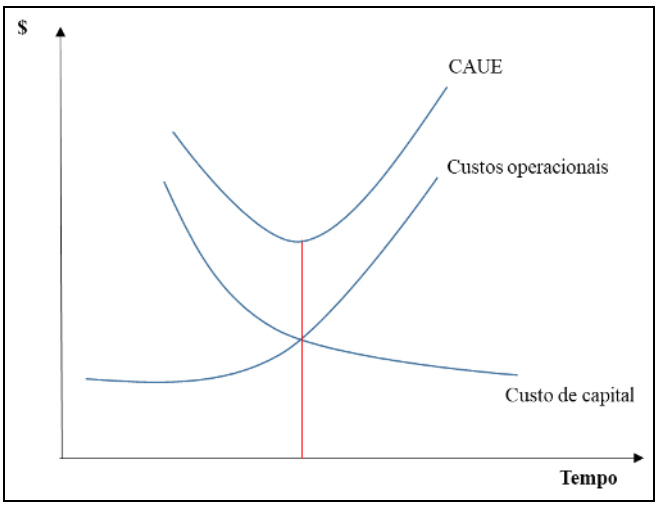
Sendo:

C_t - Custos no período t

VR_t - Valor de revenda no período t

Pode-se observar, no Gráfico 1, o ponto onde o CAUE é mínimo e os custos operacionais, que são crescentes, e os custos de capital, que são decrescentes, se encontram estabelecendo a VE de um ativo.

Gráfico 1 – Vida econômica de um ativo



Fonte: Casarotto Filho; Kopittke (2010).

Determinação da Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010, p. 97) "ao se analisar uma proposta de investimento deve ser considerado o fato de o investidor estar perdendo a oportunidade de auferir retorno pela aplicação do mesmo capital em outro projeto"; sendo assim, é pertinente que se efetue o cálculo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para que a decisão sobre investir ou não seja tomada.

Partindo deste princípio, optou-se em determinar a TMA deste estudo através do modelo CAPM (*Capital Asset Price Model*) ajustado Híbrido (AH-CAPM). Segundo Pereio (2001), este modelo permite que sejam estabelecidas uma relação entre o risco do investimento e de seu retorno, logo, para cada nível de risco assumido é apurado um retorno correspondente. A descrição das variáveis utilizadas para a aplicação do modelo CAPM ajustado Híbrido (AH-CAPM) estão detalhadas na figura 2.

A seguir serão descritas as variáveis utilizadas para a aplicação do modelo AH-CAPM. A Taxa livre de risco global é representada pela taxa de juros paga pelos títulos emitidos pelo Tesouro norte americano com prazo de resgate de 30 anos e foi obtida em fevereiro de 2021. O Risco país é composto pelo Índice EMBI + Brasil do Banco JP Morgan e foi obtida em fevereiro de 2021. O Beta do país é o resultado de uma regressão entre a variação mensal do índice IBOVESPA no período correspondente a agosto de 2004 a janeiro de 2021. Para o Beta desalavancado foi utilizado o disponível para o setor *Farming/Agriculture* e foi obtido em janeiro de 2021. O Retorno do mercado global é composto pelo índice MSCI ACWI do Banco Morgan Stanley para países emergentes e foi obtido a partir de uma média anual do período correspondente a março de 2016 a fevereiro de 2021. O coeficiente de determinação é o resultado de uma regressão entre o índice IBOVESPA e o índice EMBI + Brasil no

período de agosto de 2004 a janeiro de 2021. Por fim, a Inflação anual média do Brasil, assim como, a Inflação anual média dos Estados Unidos correspondem ao período de agosto de 2015 a agosto de 2020.

Abaixo segue a fórmula utilizada para o cálculo da TMA, onde os termos e seus respectivos significados constam na Tabela 1.

$$TMA = Rf_g + R_c + \beta C_{LG}\left[\beta_{GG}\left(R_{MG} - Rf_g\right)\right](1 - R^2) + Inf_{BR} - Inf_{USA}$$

Tabela 1 - Variáveis componentes do cálculo da TMA

Variáveis	Valores
Taxa livre de risco global (Rf_g)	1,96%
Ajuste cambial da Rf_g	0,36%
Risco país (R_c)	2,66%
Beta do país (βC_{LG})	1,3634
Beta desalavancado (β_{GG})	0,69
Retorno do mercado global (R_{MG})	13,91%
Coeficiente de determinação (R^2)	0,9330
Inflação anual média do Brasil (Inf_{BR})	3,74%
Inflação anual média dos Estados Unidos (Inf_{USA})	1,55%
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	**17,66%**

Fonte: Elaboração própria.

Para a elaboração dos cálculos e das tabelas foi utilizado o *Excel*, versão 2013. Os dados, após calculados e analisados foram apresentados em tabelas e gráficos para facilitar a compreensão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após análise dos dados, os mesmos serão agrupados e apresentados em forma de gráficos para melhor visualização, ao final deste tópico. Pode-se observar que, o valor de revenda do equipamento, ao longo dos 16 anos observados, apresentou uma depreciação de aproximadamente 10% ao ano. O Gráfico 2A, que apresenta o valor da revenda da colheitadeira, demonstra a queda constante do valor de revenda do ativo, ao longo do tempo analisado. Pode-se notar que, quanto maior for o tempo de uso do ativo, menor será seu valor de revenda no futuro.

Ao analisar o custo de manutenção do ativo, pode-se observar que o mesmo é representado por uma curva ascendente, ou seja, quanto maior o tempo de utilização do ativo, maior serão seus custos de manutenção. O Gráfico 2B, que apresenta o custo de manutenção da colheitadeira, nos mostra o comportamento dos custos de manutenção da colheitadeira ao longo do período analisado. É possível

notar que, após o décimo sexto ano, os custos de manutenção representam mais de 630 mil reais, o que equivale a 37,6% do valor do equipamento novo.

Ao comparar o valor de revenda com os custos de manutenção da colhedeira, conforme o Gráfico 2C, é possível notar uma relação inversamente proporcional, ou seja, com o passar dos anos, o ativo perde valor constantemente, assim como, os custos de manutenção continuam sua trajetória ascendente, pois quanto mais velho se torna o ativo, maiores serão os custos de manutenção, pois a possibilidade de desgaste mecânico e substituição de peças aumenta a cada ano.

É de suma importância frisar, neste momento, a utilização do cálculo da VE para ativos, como o proposto por esta pesquisa, para que o proprietário saiba qual o melhor momento para realizar a substituição de um equipamento, explorando assim, o máximo de desempenho do ativo e o mínimo de custos.

Após a realização do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), apresentado no Gráfico 2D, pode-se observar que o CAUE é mínimo no oitavo ano. Isso significa que o custo de possuir e operar o bem é reduzido ao mínimo quando o mesmo é substituído a cada oito anos, ou seja, o período de oito anos corresponde à VE do ativo, no qual ele é capaz de produzir o máximo possível ao menor custo.

Ao comparar o custo de manutenção com o CAUE, conforme apresentado no Gráfico 2E, pode-se notar que após o oitavo ano, os custos de manutenção aumentam de forma exponencial, evidenciando ainda mais a necessidade de substituição do equipamento, pois a partir deste momento representará gastos mais elevados de manutenção.

Desta forma, é possível notar que, com o passar dos anos, os custos operacionais acumulados aumentam exponencialmente. Pode-se notar, conforme Gráfico 2F, que a necessidade de substituição do equipamento deve ocorrer no momento em que o CAUE seja mínimo, desta forma, é possível minimizar a perda de valor do equipamento pela desvalorização do mesmo e também evitar o aumento exacerbado dos custos operacionais. É possível salientar ainda que, caso o proprietário adie o momento ótimo para substituir seu equipamento, com o passar do tempo, o custo de manutenção se torna maior do que o valor residual do ativo, como podemos observar no décimo ano.

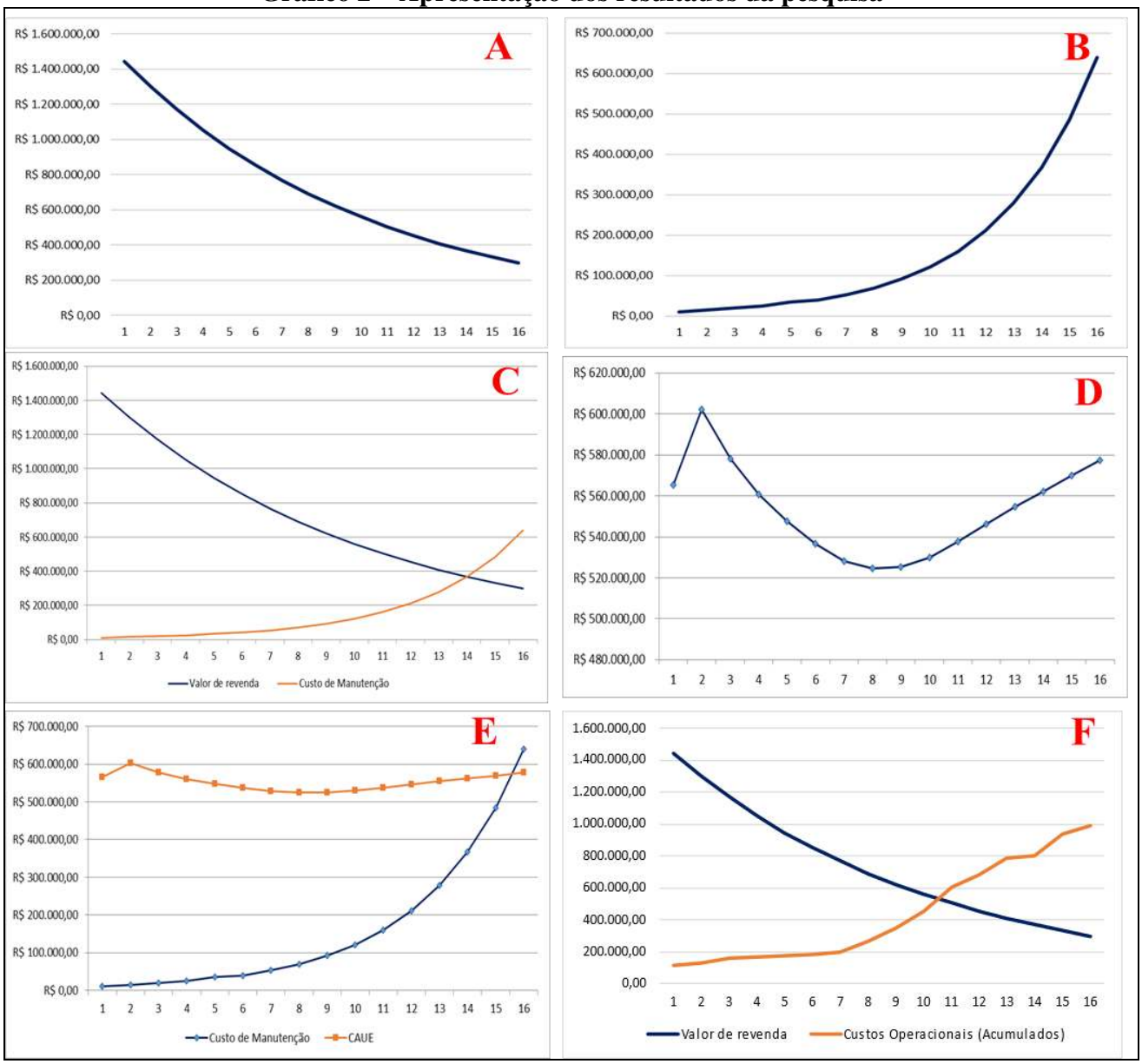
Segundo Abensur (2015), todos os custos diretamente envolvidos com a decisão de substituir um ativo devem ser considerados, o que significa considerar tanto os custos variáveis quanto os fixos.

Conforme Stortte e Jacometti (2016), o estudo do momento ideal de substituição de um equipamento agrícola, vida econômica, possui expressiva relevância para que o proprietário minimize seus custos. Porém, segundo os autores, este método ainda é pouco explorado pelas empresas, o que pode causar diversos entraves na tomada de decisões. Neste sentido, Artuzo *et al.* (2015), afirmam que, as empresas rurais, tem se deparado com aumentos de custos e reduções de lucratividade, necessitando

tomar decisões racionalizadas, com base a partir de estudos de viabilidade financeira, afim de minimizar os riscos maximizando seus lucros.

Este estudo está em linha com outros que priorizaram a substituição de equipamentos utilizando o CAUE (CASAROTTO; KOPITTKE, 2010; NEWNAN *et al.*, 2002).

Gráfico 2 – Apresentação dos resultados da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste estudo foi avaliar, sob o ponto de vista econômico, o momento ótimo para substituição de máquinas agrícolas. O trabalho utilizou uma ferramenta de análise de caráter econômico

para a tomada de decisões, o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), que, com o auxílio de ferramentas computacionais, foi determinante para encontrar o ciclo de vida econômica de uma colheitadeira, possibilitando a construção e análise de um fluxo de caixa dos custos provenientes da sua manutenção e operação.

Os principais resultados demonstram que quanto maior o tempo de utilização do ativo, maior será o custo de manutenção e menor seu valor de revenda. Portanto, é possível notar uma relação inversamente proporcional, entre o valor de revenda e os custos de manutenção da colhedeira, ou seja, com o passar dos anos, o ativo perde valor constantemente, assim como, os custos de manutenção continuam sua trajetória ascendente.

Ao observar o CAUE, nota-se que o custo de possuir e operar o bem é reduzido ao mínimo quando o mesmo é substituído a cada oito anos. Portanto a substituição deve ocorrer no momento em que o CAUE seja mínimo, desta forma, é possível minimizar a perda de valor do equipamento pela desvalorização do mesmo e também evitar o aumento exacerbado dos custos operacionais. Portanto, o principal resultado encontrado nesta pesquisa, para a substituição da colhedeira, foi que o CAUE é mínimo no oitavo ano, o que significa que este é o momento ótimo para se substituir este equipamento.

Observou-se ainda que, com relação aos custos, estes tendem a evoluir gradativamente no decorrer de sua vida útil, com uma elevação exponencial após o oitavo ano. Quanto ao valor de revenda do ativo, o mesmo diminui gradativamente com o passar do tempo, ficando abaixo dos 50% de seu valor inicial, após o oitavo ano.

Portanto, conhecer o momento ótimo para substituir um ativo é de fundamental importância para seu proprietário, pois, o mesmo terá condições racionais para tomar a melhor decisão possível, que envolverá menos recursos financeiros, ou seja, minimizará suas perdas.

Por fim, a avaliação do cenário econômico para substituição de ativos permitiu uma visualização mais precisa acerca da vida econômica (VE) do equipamento analisado, ofertando assim, maior poder de tomada de decisão para seu proprietário.

Este estudo apresenta como limitações o fato de não haver, até o presente momento, uma gama de estudos que empregaram a mesma metodologia em maquinários agrícolas. Desta forma, sugere-se que, novos estudos envolvendo o método CAUE, com ênfase em maquinários agrícolas, sejam realizados para que se possa, no futuro, realizar comparações e discussões de forma mais ampla auxiliando assim os produtores rurais a tomarem melhores decisões acerca da vida econômica de seus equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABENSUR, E. O. "A substituição de bens de capital: um modelo de otimização sob a óptica da engenharia de produção". **Gestão e Produção**, vol. 22, n. 3, 2015.

ALMOBAREK, M. "Fleet Replacement Analysis by Equivalent Uniform Annual Cost Method". **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**. Rome: IEOM, 2021.

ARTUZO, F. D. *et al.* "Tomada de decisão a partir da análise econômica de viabilidade: estudo de caso no dimensionamento de máquinas agrícolas". **Custos e @gronegocio *Online***, vol 11, n. 3, 2015.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Editora Atlas, 2020.

AZEVEDO, L. F. "A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil". **Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. "Processos agropecuários". **Embrapa** [2023]. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 15/09/2023.

EMILIANO, W. *et al*. "An optimization model for bus fleet replacement with budgetary and environmental constraints". **Transportation Planning and Technology**, vol. 43, n. 5, 2020.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Editora Pearson, 2007.

HARTMAN, J. "A Note on 'A Strategy for Optimal Equipment Replacement". **Production Planning and Control**, vol. 16, n. 7, 2005.

HE, J. *et al*. "An intelligent maintenance decision-making based on cutters economic life". **International Journal of Production Economics**, vol. 267, 2023.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. São Paulo: Editora Atlas, 2014.

KHAN, M. A. *et al*. "Midlife upgrade of capital equipment: A servitization-enabled, value-adding alternative to traditional equipment replacement strategies". **Journal of Manufacturing Science and Technology**, vol. 29, 2020.

KINNUNEN, S. *et al*. "Traditional and extended fleets in literature and practice: definition and untapped potential". **International Journal of Strategic Engineering Asset Management**, vol. 3, n. 3, 2020.

LITTEL, J. H. *et al*. **Systematic Reviews and MetaAnalysis**. Oxford: University Press, 2008.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. "Censo agropecuário". **MAPA** [2023]. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 14/09/2023.

MATHEW, S.; KENNEDY, D. "A Strategy for Optimal Equipment Replace-ment". **Production Planning and Control**, vol. 14, n. 6, 2003.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus**: avaliação de uma frota (Dissertação de Mestrado em Máquinas Agrícolas). Piracicaba: USP, 2000.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa, 2000.

PANEGOSSI, A. C. G.; SILVA, E. C. C. "Substituição de equipamentos: estudo de caso em uma indústria do setor metal mecânico do interior do Estado de São Paulo". **Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa: APREPRO, 2019.

PEREIO, L. E. "The valuation of closely-held companies in Latin America". **Emerging Markets Review**, vol. 2, n. 4, 2001.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2009.

SILVEIRA, G. M. *et al*. "Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo". **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, vol. 10, n. 1, 2006.

SPINAK, E. "Indicadores cienciométricos". **Ciência da Informação**, vol. 27, n. 2, 1998.

STORTTE, J. M. C.; JACOMETTI, M. "Aplicação do Custo Anual Uniforme Equivalente na identificação do momento ótimo para a substituição uma colhedora de cana-de-açúcar". **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. João Pessoa: ENEGEP, 2016.

VALVERDE, S. R.; RESENDE, J. L. P. "Substituição de máquinas e equipamentos: métodos e aplicações". **Revista Árvore**, vol. 21, n. 3, 1997.

VAN DER LEI, T. "Towards a Research Agenda for Strategic Engineering". **Asset Management**, vol. 7, 2012.

WARSCHAUER, C. L. "Engenharia econômica". *In*: CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações**. São Paulo: Editora Blucher, 2010.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano V | Volume 16 | Nº 48| Boa Vista |2023

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima