

Substituição de colhedoras de cana-de-açúcar: avaliação de uma frota

José Pedro Andrade Padulla (UFSC) joseppadulla@gmail.com

Daniel Christian Henrique (UFSC) daniel.henrique@ufsc.br

Artur Santa Catarina (UFSC) artur.catarina@ufsc.br

Resumo:

Os equipamentos são os principais ativos em muitas empresas. O sucesso de uma organização depende, dentre outras coisas, da gestão desses ativos, buscando organizar e reduzir seus custos, realizando a sua manutenção de forma adequada e substituindo-os no momento adequado. Uma das formas de decidir o bom momento da substituição é pela definição da vida econômica, que é feito balanceando-se o custo de recuperação do capital e o desempenho operacional do bem através das formulações da matemática financeira. Neste sentido, esta pesquisa tem o objetivo de determinar a vida econômica média da frota de colhedoras de cana-de-açúcar de uma agroindústria sucroalcooleira, compreendida por 41 colhedoras de idades diferentes da marca John Deere 3520, atualmente em uso no ano de 2014. De posse dos custos e quantidade colhida das máquinas de diferentes idades, pode-se prever os custos anuais médios em toneladas de cana-de-açúcar para as colhedoras de diferentes idades, aplicando-se o método dos mínimos quadrados. Com essas previsões, pode-se ainda determinar a vida econômica média das colhedoras de cana-de-açúcar, aplicando o Custo Anual Uniforme Equivalente e determinando a idade com o menor CAUE. Como principais resultados, constatou-se com a análise de custos e produtividade a necessidade de substituição das colhedoras ativas desde 2007 e pelo método do CAUE, a substituição das demais colhedoras em atividade com quatro anos de vida econômica. Ambos os modelos podem servir de referência para as futuras substituições das colhedoras no decorrer dos próximos anos.

Palavras chave: Substituição de Equipamentos, Custos Estratégicos, Colhedoras de Cana-de-açúcar.

Replacement of sugarcane harvesters: evaluation of a fleet

Abstract

The devices are the main assets in many companies. The success of an organization depends, among other things, the management of these assets, seeking to organize and reduce costs, making their maintenance properly and replacing them at the right time. One way to decide the momentum of replacement is the definition of economic life, which is done by balancing the cost of capital recovery and the operating performance of the well through the financial mathematical formulations. In this sense, this research aims to determine the average economic life of the harvester fleet of sugarcane in a sugar and alcohol industry, comprised of 41 harvesters of different ages of brand John Deere 3520, currently in use in the year 2014. Having the costs and quantity harvested the machines of different ages, we can predict the average annual cost in tons of sugarcane for harvesters of different ages, applying the method of least squares. With these predictions, it can also determine the average economic life of the sugarcane harvesters, applying the Uniform Annual Cost Equivalent and determining age with the lowest CAUE. As main results, it was found with the cost analysis and productivity the need for replacement of active harvesters since 2007 and the CAUE the method, the replacement of other harvesters at work with four years of economic life. Both models can serve as a reference for future replacements of harvesters go in the coming years.

Keywords: Equipment Replacement, Strategic Cost, Harvesters of Cane Sugar.

1. Introdução

O orçamento empresarial é realizado no planejamento estratégico da empresa, tendo como objetivo ajudar os gestores a verificar se o plano é eficaz, ou seja, comparar se o orçado está de acordo com o que está sendo realizado e implementar ações corretivas. Este orçamento é um plano financeiro, feito anualmente de acordo com os objetivos estratégicos da empresa (FREZATTI, 2009).

Neste contexto, uma usina de açúcar e etanol elabora seu orçamento empresarial anualmente por setores e subsetores, sendo organizada em três setores principais: Setor Agrícola, Setor Industrial e Setor Administrativo. O Setor Agrícola é dividido em dois subsetores: Agrícola e Manutenção Agrícola. O planejamento estratégico tem o início de sua elaboração pelos gestores no final da colheita da cana-de-açúcar em dezembro, consequentemente o seu orçamento empresarial é desenvolvido neste período. Deste modo, o Subsetor de Manutenção Agrícola, realiza um orçamento que deverá arcar com todos os seus custos durante o ano, desde pagamento dos operadores das máquinas até a substituição de máquinas e equipamentos. De acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 11) “A manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz”.

Para planejar a substituição dos equipamentos, o gerente necessita conhecer os custos que cada equipamento teve durante o ano e identificar quais equipamentos já oneram excessivamente a produção e devem ser substituídos. Conforme Souza (2009, p.258) “O gerenciamento da manutenção com orçamentos apertados é um dos principais desafios que os gerentes de manutenção vêm encarando nos departamentos”. Desta maneira, é de fundamental importância que essas máquinas sejam substituídas de forma adequada.

Entretanto, essas substituições algumas vezes são realizadas com base na experiência do gerente do subsetor, sem levar em conta todas as implicações financeiras durante a vida útil do equipamento. Este fato acaba se tornando um problema para empresa, pois alguns equipamentos e máquinas podem estar sendo substituídos antes ou depois da sua vida econômica. A vida econômica é o tempo de uso de um bem que garante o melhor custo/benefício do seu uso, balanceando o custo de recuperação de capital e o desempenho operacional, minimizando o seu custo anual ou maximizando o resultado líquido devido ao uso do bem. Este problema não é exclusivo dessa agroindústria sucroalcooleira, segundo Souza e Clemente (2001, p.139), “em geral, as empresas orientam-se por aspectos técnicos para a tomada de decisão a respeito de baixa e substituição de equipamentos”. No primeiro momento manter o equipamento parece ser a melhor opção, devido ao investimento necessário em uma nova máquina, porém os custos de manutenção tendem a ser maiores que a própria depreciação do equipamento, nos equipamentos mais antigos.

No Brasil, grande parte das empresas tem costume de manter o equipamento antigo funcionando, mesmo quando sua operação não é mais economicamente viável e os custos de manutenção superam o valor do investimento (CASAROTTO; KOPITKE, 2010). Este problema pode ser notado em muitas usinas de cana-de-açúcar e etanol no Brasil, as quais possuem grandes quantidades de maquinários para realização da colheita de milhões de toneladas de cana-de-açúcar anualmente.

Dentro deste contexto, surge o objetivo central desta pesquisa: avaliar a vida econômica média de 41 colhedoras de cana-de-açúcar no subsetor de manutenção agrícola da agroindústria sucroalcooleira Beta (nome fictício). Estas colhedoras estão em uso no respectivo subsetor no ano de 2014, configurando colhedoras com início de suas operações em 2009 até o ano de 2014. O subsetor ainda detém colhedoras com início das operações em 2007, porém não ativas no momento, mas que podem entrar em operação quando necessárias. Este subsetor não realizava anteriormente essa análise financeira na substituição de equipamentos.

2. Embasamento Teórico

Nesta seção disserta-se brevemente sobre os principais conceitos teóricos necessários para que os objetivos da pesquisa sejam alcançados.

2.1 Modelos estatísticos aplicados a custos

Segundo Bruni e Leal (2004, p.407) a palavra estatística “tem origem no latim *status* – que provém do Estado, das informações coletadas em prol da melhor gestão do Estado-fornecer importante subsídio aos processos de gestão empresarial”. Em custos, por exemplo, permite analisar magnitude de gastos fixos e variáveis. No cotidiano empresarial, as decisões administrativas frequentemente baseiam-se na relação entre duas ou mais variáveis. Muitas vezes os gerentes recorrem à intuição para julgar como estas variáveis estão relacionadas. Contudo, pode-se utilizar a análise de regressão para desenvolver uma equação que demonstra como as variáveis se relacionam, e, por exemplo, estimar preços e custos futuros (ANDERSON *et al.*, 2007, p.428; BRUNI; LEAL, 2004, p.408), obtendo um valor concreto para auxílio na sua tomada de decisão.

Na análise de regressão, a variável a ser prevista é dita variável dependente, enquanto a variável utilizada para prever o valor da variável dependente denomina-se variável independente. Em estatística, “y” designa a variável dependente e “x”, a variável independente (ANDERSON *et al.*, 2007, p.428). Peters e Summers (1978, p.434) apresentam explicam a utilização de regressão linear, no qual um analista de custos procura estimar o custo de manutenção por tempo de uso do equipamento. Basicamente, a variável dependente é o custo dos equipamentos e a variável independente é a idade dos equipamentos.

O método dos mínimos quadrados utiliza dados amostrais para encontrar a equação de regressão estimada (ANDERSON *et al.*, 2007, p.428), possibilitando chegar ao seguinte modelo de regressão linear:

$$y = a + bx \quad (1)$$

Este modelo busca a determinação das constantes “a” e “b” que minimizam a soma dos quadrados dos desvios, entre os valores estimados de “y” na regressão linear e os seus reais valores (ANDERSON *et al.*, 2007, p.428). Importante reforçar que o método dos mínimos quadrados é também aplicado a modelos não lineares (BRUNI; LEAL, 2004, p.423).

2.1.1 O Coeficiente de Determinação R-quadrado

Para Anderson *et al.* (2007, p.440) o coeficiente de determinação é utilizado para responder à questão: “quão satisfatoriamente a equação de regressão estimada ajusta os dados?”. Sendo que este coeficiente nos fornece a medida de eficiência de ajuste de regressão estimada.

Estes valores de R-quadrado (r^2) podem variar de 0 a 1. Quando o valor está próximo de 1, significa que a qualidade do ajuste é excelente, por outro lado, quando os valores estão próximos de 0, a qualidade do ajuste é péssima. Em geral, para valores de r^2 superiores a 0,6, diz-se que o ajuste linear é de boa qualidade (BRUNI; LEAL, 2004).

2.2 Métodos determinísticos de análise de investimento

Com a evolução de técnicas de administração como o Planejamento Estratégico, as empresas começaram a adotar filosofias, políticas e objetivos de longo prazo. Segundo Casarotto e Kopittke (2010, p.94) “o objetivo do “lucro imediato” passa a ser substituído pelo objetivo “máximos ganhos em determinado horizonte de análise””.

Para realizar esta análise de longo prazo, normalmente, utiliza-se métodos determinísticos de análise de investimento (Ross *et al.*, 2000). Assim, pode-se citar três métodos equivalentes que consideram o valor do dinheiro no tempo e, se bem aplicados, conduzem ao mesmo resultado (CASAROTTO; KOPPITKE, 2010, p. 95):

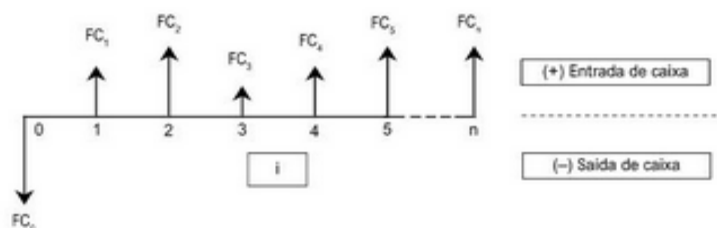
1. Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE);
2. Método do Valor Presente Líquido (VPL);
3. Método da Taxa Interna de Retorno (TIR).

Contudo, antes de definir esses métodos é necessário que se entenda o conceito de taxa mínima de atratividade (TMA): ao se analisar um novo investimento deve se levar em conta o fato de estar perdendo a oportunidade de fazer uma aplicação do mesmo capital em outros projetos (CASAROTTO; KOPPITKE, 2010, p.97). Assim, este neste novo projeto deve render uma taxa de juros maior que as opções de pouco risco (RYBA *et al.*, 2012, p.79). Esta taxa recebe o nome de taxa mínima de atratividade (TMA).

A TMA apresenta um forte grau de subjetividade. Cada empresa tem uma política de definição, podendo ser configurada pelo retorno esperado do setor, pelo uso de dados históricos com implementações estatísticas, ou mesmo recorrendo a valores empíricos. Segundo Rebelatto (2004, p.212) “a TMA deve ser função de, pelo menos, custo do capital (aqui entendido como custos das fontes de financiamentos de terceiros) e custo de oportunidade”. Para Casarotto e Kopitke (2010, p.98) a TMA para um investimento a longo prazo, passa a ser uma meta estratégica.

2.2.2 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

O método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) tem por característica “encontrar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos à Taxa de Mínima Atratividade (TMA)” (CASAROTTO; KOPPITKE, 2010, p.95). Este método indica o benefício líquido, por período de tempo, oferecido pelo investimento (REBELATTO, 2004). A Figura 1 representa o fluxo de caixa estimado de um projeto.



Fonte: Rebelatto (2004)

Figura 1: Fluxo de caixa estimado de um projeto.

Em seguida, vem a ser possível comparar projetos desenvolvendo seus fluxos de caixa equivalente, como mostra a Figura 2.

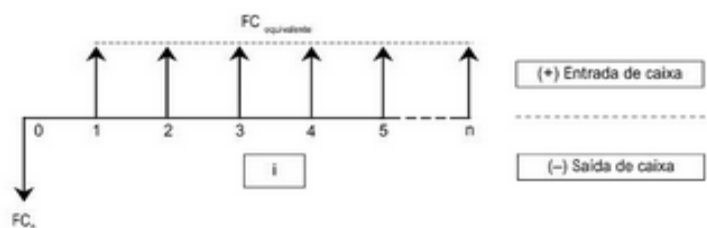


Figura 2: Fluxo de caixa equivalente de um projeto. Fonte: Rebelatto (2004)

Em alguns projetos as receitas dificilmente podem ser quantificadas, porém, os custos podem sê-lo. Caso as duas alternativas produzam o mesmo serviço, mas com custos diferentes, o benefício pode vir a ser conhecido. Desta maneira, bastaria selecionar a alternativa que tivesse o menor custo anualizado, ou seja, a que tivesse o menor Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) (SAMANEZ, 2009).

Segundo Samenez (2009, p.42) “muitas vezes, sobretudo em engenharia econômica, é mais fácil determinar os fluxos de custos do que os de receita”. No caso da substituição de colhedoras essa assertiva fica evidente, pois é possível determinar o número de toneladas colhidas por colhedora durante o ano, mas atribuir um valor monetário que represente a receita somente da colhedora (e não de todo o processo de produção da cana-de-açúcar) é praticamente impossível, ou no mínimo traria resultados errôneos a avaliação. Portanto, para suprimir esta problemática na análise de substituição de colhedoras utiliza-se o CAUE. Seu cálculo é realizado da seguinte maneira:

$$CAUE(T) = \left\{ \left[VI + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+TMA)^t} - \frac{VR_T}{(1+TMA)^T} \right] \cdot \left[\frac{TMA(1+TMA)^T}{(1+TMA)^T - 1} \right] \right\} \quad (2)$$

Em que:

CAUE (T) – custo anual uniforme equivalente

VI – valor inicial da colhedora

C_t – custos totais com $t = 1, 2, 3, \dots, T$

TMA – taxa de mínima atratividade

VR_T – valor de revenda ao final do ano T

3. Análise de dados

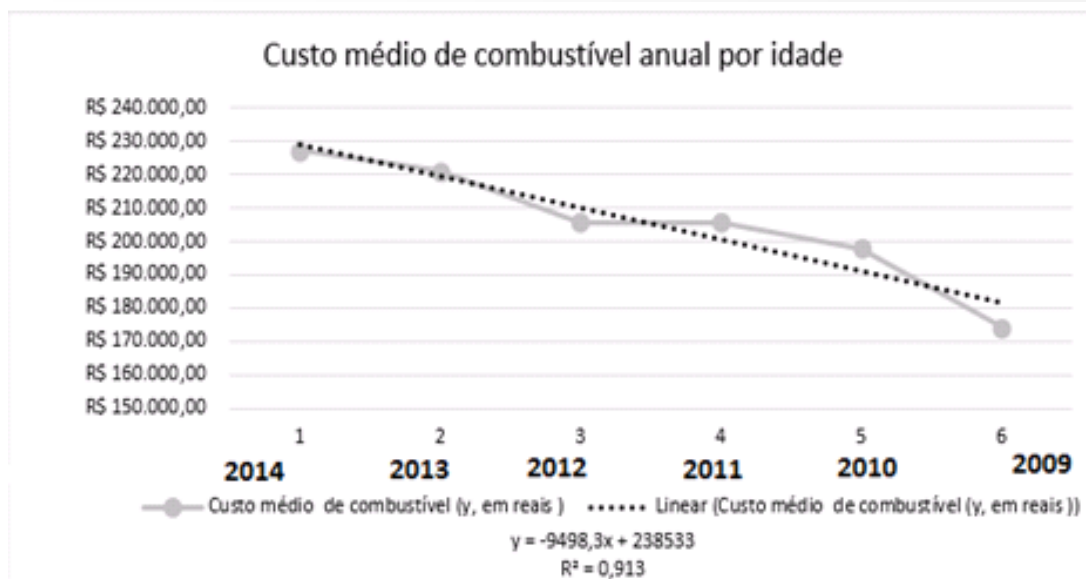
Nesta seção são apresentadas as projeções de custos e outros parâmetros operacionais e dos métodos empregados. Também é estimada a vida econômica dos equipamentos.

3.1 Projeção dos custos e números de toneladas colhidas por idade das colhedoras

Para consecução da vida econômica dos equipamentos, é necessário como primeira etapa realizar as previsões de custos e toneladas colhidas pelo método dos mínimos quadrados (regressões simples), utilizando o software Microsoft Excel (BRUNI, FAMÁ, 2004), para encontrar a equação de melhor ajuste (valor de R-quadrado mais próximo de 1). Neste propósito, foram previstos os custos de manutenção, os custos em combustíveis e número de toneladas colhidas, por idade das colhedoras. Neste procedimento é importante o uso de previsões para que este procedimento possa ser utilizado futuramente na renovação das atuais e próximas colhedoras a serem adquiridas em um médio ou longo prazo.

Foram considerados os dados médios das colhedoras, já identificados na empresa e calculados previamente, com o intuito de encontrar a melhor representatividade das máquinas agrícolas. Em seguida, selecionou-se a variável independente X (idade da colhedora) e as variáveis dependentes Y (custo de manutenção, custo de combustível e número de toneladas de cana-de-açúcar colhidas). As análises efetuadas foram aplicadas nas colhedoras do modelo John Deere 3520.

Inicialmente, foi selecionado o custo anual médio em combustível (Y) por idade das colhedoras (X). A figura 3 apresenta a melhor regressão encontrada (linear), juntamente com a equação de regressão e o valor de R^2 igual a 0,913 (alto valor preditivo). Os anos de 1 a 6 são equivalentes aos anos de 2014 a 2009, respectivamente. Como primeiro achado de pesquisa, constatou-se que com o passar da idade as colhedoras gastam menos com combustíveis. Esse fato é ocasionado em decorrência do maior tempo que ficam imersas no setor de manutenção devido ao natural desgaste dos maquinários.



Fonte: Autores.

Figura 3: Regressão linear (custo médio de combustível anual por idade).

Utilizando a equação 3 estimou-se o custo anual em combustíveis para colhedoras de diferentes idades, dispondo a previsão para 7 idades possíveis de tempo de uso das colhedoras configurando os pontos da linha de regressão da figura 3, apresentados logo abaixo. Poderiam ter sido configuradas idades ainda mais avançadas, porém defronte ao histórico de modernização destes maquinários e desgastes, colhedoras com idades superiores a 7 anos certamente não continuariam suas atividades na empresa:

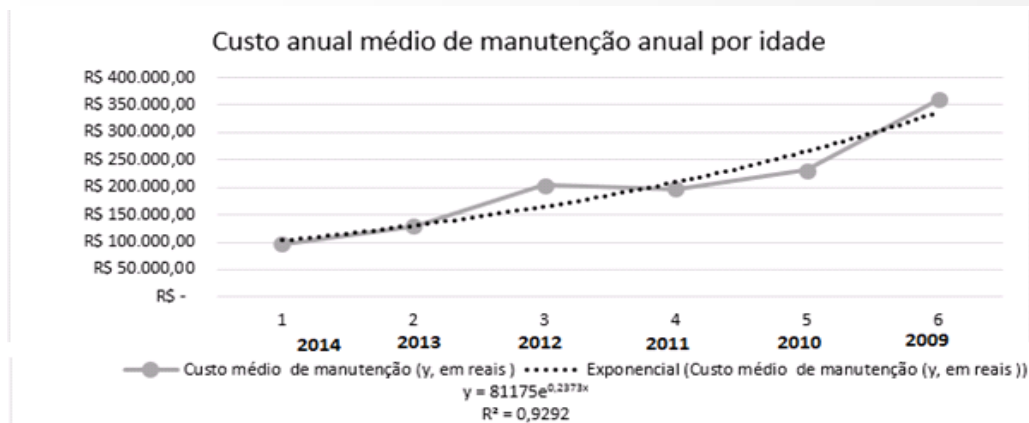
$$y = -9.498,3x + 238.533 \quad (3)$$

Idade das colhedoras (x, em anos)	Custo estimado em combustível (y, em reais)
1	R\$ 229.034,70
2	R\$ 219.536,40
3	R\$ 210.038,10
4	R\$ 200.539,80
5	R\$ 191.041,50
6	R\$ 181.543,20
7	R\$ 172.044,90

Fonte: Autores

Tabela 1: Custo anual estimado em combustível por idade das colhedoras

Como segundo objetivo, foi selecionado como variável Y o custo anual médio em manutenção, e as idades das colhedoras como variável X. A tendência exponencial desenvolvida pela equação 4 foi a melhor alocada para as previsões pretendidas, disposta na figura 4, totalizando um r^2 de 92,92% de predição.



Fonte: Autores

Figura 4: Regressão exponencial (custo anual médio de manutenção por idade).

$$y = 81.175\exp(0,2373x) \quad (4)$$

A tabela 2, então, apresenta as estimativas de custo anual em manutenção por idade das colhedoras, advindos da configuração da tendência exponencial:

Idade das colhedoras (x, em anos)	Custo estimado em manutenção (y, em reais)
1	R\$ 102.915,40
2	R\$ 130.478,35
3	R\$ 165.423,25
4	R\$ 209.727,13
5	R\$ 265.896,55
6	R\$ 337.109,34
7	R\$ 427.394,43

Fonte: Autores

Tabela 2: Custo anual estimado em manutenção por idade das colhedoras

A terceira regressão desenvolvida configurou o número anual médio de toneladas colhidas por idade das colhedoras. A figura 5 apresenta a melhor regressão encontrada, linear, em conjunto com a equação de regressão e o valor de R-quadrado igual a 0,9049, indicando novamente um alto valor preditivo.

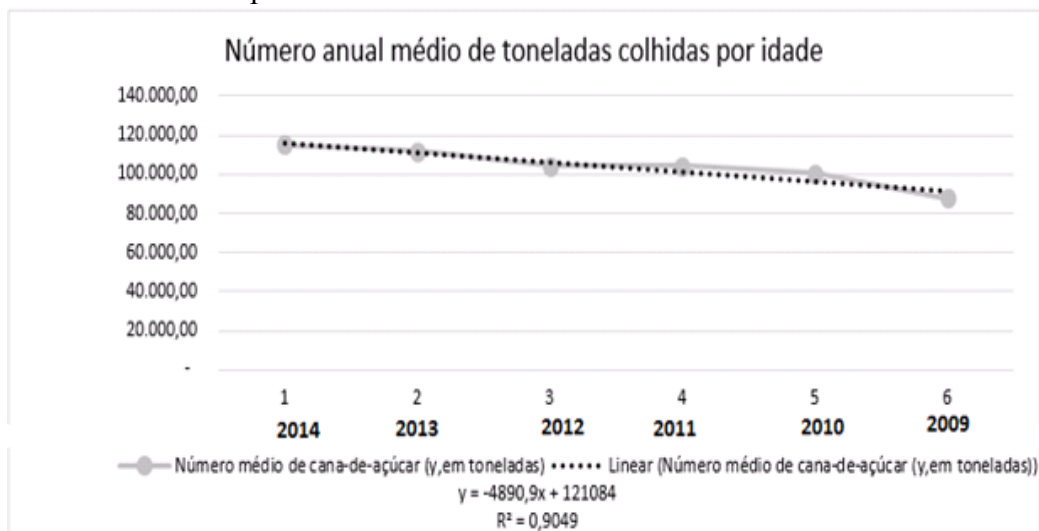


Figura 5: Regressão linear (número anual médio de toneladas colhidas por idade). Fonte: Autores

Utilizando, então, a equação 5 estimou-se o número anual médio de toneladas colhidas para colhedoras de diferentes idades, projetando a previsão para 7 idades possíveis, apresentadas na tabela 3 com seus respectivos números anuais de toneladas colhidas.

$$y = -4.890x + 1210084 \quad (5)$$

Idade das colhedoras (x, em anos)	Número estimado de cana-de-açúcar (y, em toneladas)
1	116.193
2	111.302
3	106.411
4	101.520
5	96.630
6	91.739
7	86.848

Fonte: Autores

Tabela 3: Número anual estimado de toneladas colhidas por idade das colhedoras

3.1.1 Custo anual (sem depreciação) por tonelada colhida para as diferentes idades

Como último passo desta etapa, antes do cálculo do CAUE para a vida econômica média das colhedoras, determinou-se o custo anual por tonelada colhida (sem depreciação) conforme a idade das colhedoras avança. Para este processo, foram somados os custos estimados nas regressões distribuídos pelo número de colhedoras de cada ano de idade. Em seguida, dividiu-se esses custos pelo número estimado de toneladas colhidas com o passar da idade das colhedoras.

A Tabela 4 apresenta o custo anual (sem depreciação) por tonelada colhida, classificado por idade das colhedoras.

Idade das colhedoras (x, em anos)	Custo anual (sem dep.) por tonelada(y, em reais)
1	R\$ 5,43
2	R\$ 5,83
3	R\$ 6,33
4	R\$ 6,98
5	R\$ 7,82
6	R\$ 8,91
7	R\$ 10,34

Fonte: Autores

Tabela 4: Custo anual por tonelada colhida (sem depreciação) por idade

Em síntese, como resultados desta primeira etapa, as regressões pelos variados tipos de custos em conformidade a idade das colhedoras acima expostas mostraram excelentes poderes de predições para substituições de equipamentos, todas alcançaram valores superiores a 90% de poder de predição da variável Y (custos diversos). Verificou-se pelas projeções que nas colhedoras mais antigas da empresa (2007 e 2009), os custos de manutenção são os maiores (alcançando um R^2 de 92,9%) ao passo que as colhedoras mais novas apresentam maiores custos com combustíveis ($R^2 = 91,3\%$), perfazendo uma equivalência em seus custos totais. Cabe notar, no entanto, que as colhedoras mais novas colhem maior quantidade (configurando um R^2 de 90,5% de poder preditivo) que as colhedoras mais antigas, diminuindo consideravelmente os custos por tonelada colhida. Como conclusão inicial, averigua-se que

em virtude dos altos custos por tonelada colhida e produtividade menor, as colhedoras do ano de 2007 (as mais antigas em operação) deveriam ser substituídas. De posse, agora, dos custos anuais por tonelada, é possível estimar o CAUE para definição da vida econômica média.

3.2 Definição da vida econômica média das colhedoras

A vida econômica das colhedoras pode variar de colhedora para colhedora, conforme foi o seu uso, sua manutenção e seu desgaste durante a sua existência. Contudo, com base nos dados apresentados no tópico anterior, pode-se avaliar uma vida econômica média para as colhedoras. A aplicação deste resultado poderá, então, ser realizada em futuras colhedoras da empresa.

3.2.1 Definição do problema de substituição

Primeiramente, foi definido o tipo de substituição de equipamento. Considerou-se que as colhedoras do ano de 2007 seriam substituídas antes de definir a vida econômica das colhedoras, devido aos altos custos e baixa produtividade que possuíam. Deste modo, como as antigas colhedoras e as novas são do mesmo modelo e, praticamente não existe evolução tecnológica significativa, considera-se um problema de substituição idêntica (CASAROTTO; KOPITKE, 2010).

O ideal neste problema seria a aplicação do VAUE e definir a vida econômica baseando na idade de maior VAUE, devido à diferença de produtividade das colhedoras. No entanto, considerou-se que a definição de uma receita monetária para as colhedoras, seria praticamente impossível. Para contornar esse problema, inicialmente, considerou-se que os ativos não iriam influir diretamente na produção e consequentemente na geração de receita (CASAROTTO; KOPITKE, 2010). Este seria um outro tipo de problema, de adequação da demanda à capacidade oferecida pela frota, e não existe a possibilidade de parada da colheita pela falta de colhedoras, ou seja, novas seriam compradas caso isso acontecesse.

Defronte a capacidade técnica das colhedoras, espera-se que as colhedoras colham em média 101.000 toneladas anuais para atender a atual demanda. A tabela 5 indica o custo anual estimado (sem depreciação) das colhedoras por idade para colher essa quantidade demandada de cana-de-açúcar pelo mercado considerando os dados da tabela 4 de custo anual por tonelada (101.000 x custo anual por idade):

Idade das colhedoras (x, em anos)	Custo anual estimado sem depreciação (y, em reais)
1	R\$ 547.972,36
2	R\$ 588.444,22
3	R\$ 639.642,99
4	R\$ 705.085,94
5	R\$ 789.555,87
6	R\$ 899.594,64
7	R\$ 1.044.207,49

Fonte: Autores

Tabela 5: Custo anual estimado (sem depreciação) por idade das colhedoras.

3.2.2 Definição da TMA e do valor de revenda por idade das colhedoras

Para definição da TMA, considerou-se que o investimento em colhedoras de cana-de-açúcar é um investimento de longo prazo, fundamental para manter todos os processos sequenciais da usina.

Sabe-se que existe a possibilidade de financiar as colhedoras a uma taxa de 6% a.a. (conforme histórico empresarial). Adicionalmente, a agroindústria sucroalcooleira possui uma meta de longo prazo de crescimento do patrimônio líquido em 5% a.a. Assim, a empresa deverá fixar uma TMA estratégica de 11% a.a.

O preço de uma colhedora nova é R\$ 970 mil reais. A tabela 6 apresenta o valor de revenda médio das colhedoras por idade, segundo o gerente do Subsetor de Manutenção Agrícola, encarregado de comprar e vender as colhedoras.

Ano	Valor de revenda
1	R\$ 770.000,00
2	R\$ 600.000,00
3	R\$ 450.000,00
4	R\$ 380.000,00
5	R\$ 280.000,00
6	R\$ 200.000,00
7	R\$ 130.000,00

Fonte: Autores.

Tabela 6: Valor de revenda das colhedoras por idade.

3.2.3 Determinação da vida econômica média a uma TMA definida

A determinação da vida econômica das colhedoras consiste em encontrar o CAUE do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O ano para o qual o CAUE é mínimo é o da vida econômica (CASAROTTO; KOPITKE, 2010).

Desta maneira, pode-se encontrar CAUE para todas as vidas úteis possíveis utilizando a equação 2 (CAUE) e os dados de custo anual total (sem depreciação) disposto na tabela 5. A tabela 7 apresenta os valores do CAUE para todas as vidas úteis possíveis, juntamente com os dados utilizados.

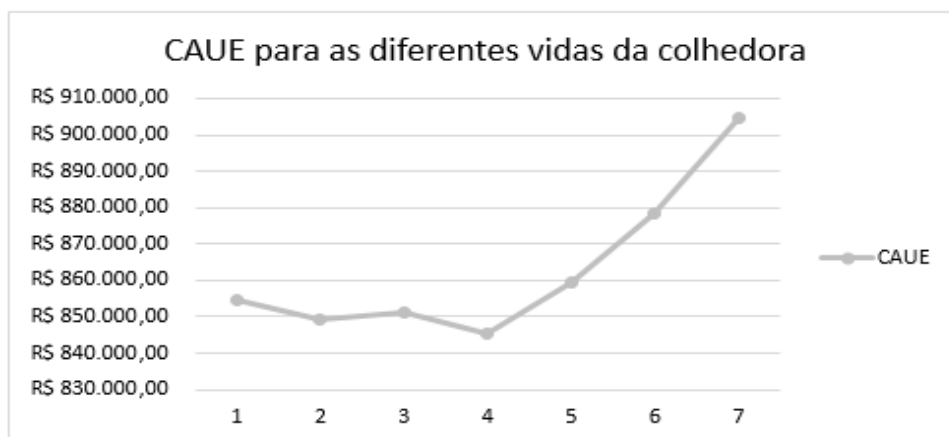
Ano	Valor de revenda	Custo anual total (sem depreciação)	TMA	CAUE
0	R\$ 970.000,00	R\$ -	11%	R\$ -
1	R\$ 770.000,00	R\$ 547.972,36	11%	R\$ 854.672,36
2	R\$ 600.000,00	R\$ 588.444,22	11%	R\$ 849.208,79
3	R\$ 450.000,00	R\$ 639.642,99	11%	R\$ 851.133,98
4	R\$ 380.000,00	R\$ 705.085,94	11%	R\$ 845.497,14
5	R\$ 280.000,00	R\$ 789.555,87	11%	R\$ 859.283,50
6	R\$ 200.000,00	R\$ 899.594,64	11%	R\$ 878.380,41
7	R\$ 130.000,00	R\$ 1.044.207,49	11%	R\$ 904.734,27

Fonte: Autores

Tabela 7: Determinação do CAUE para todas as vidas úteis possíveis.

Desta maneira, nota-se que a vida econômica média da colhedora de cana-de-açúcar John Deere 3520 é de 4 anos, nesta agroindústria sucroalcooleira. Pode-se notar que depois desta idade o custo anual para colher 101.000 toneladas de cana-de-açúcar começa a crescer demasiadamente.

O resultado deste trabalho pode ser melhor visualizado através de um modelo gráfico que represente a vida no eixo das abscissas e o CAUE no eixo das ordenadas (CASAROTTO; KOPITKE, 2010). A figura 6 apresenta o ponto de menor CAUE no final do quarto ano de utilização da colhedora.



Fonte: Autores

Figura 6: CAUE para as diferentes vidas da colhedora.

4 Conclusões

A análise da substituição de equipamentos é fator preponderante para a otimização dos custos em qualquer indústria defronte aos desgastes dos maquinários, manutenções, mão de obra, dentre outros gastos pertinentes a cada segmento específico. Apenas um “olhar experiente” do supervisor não vem a ser suficiente para uma adequada configuração dos gastos incorridos por maquinários. Procedimentos adequados de gestão de custos requerem uma apurada análise para uma melhor otimização. Defronte este cenário, uma indústria sucroalcooleira que emprega uma quantidade significativa de colhedoras em seus sistemas de produção percebeu a necessidade desta análise nas colhedoras ativas da marca John Deere 3520 de 2009 a 2014, abordando a técnica de regressões simples para verificar quais deveriam ser substituídas e a aplicação do CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente) para estimar a vida econômica destes maquinários.

A análise estratégica dos custos mostrou que nas colhedoras mais antigas (2007 e 2009), os custos de manutenção são os maiores. Além disso, pode-se notar que as colhedoras mais novas apresentam maiores custos com combustíveis, fazendo com que os custos totais sejam parecidos. Entretanto, as colhedoras mais novas trabalham mais que as colhedoras mais antigas, tornando os custos por tonelada colhida muito menores. Desta maneira, devido aos altos custos por tonelada colhida e baixa produtividade, pode-se concluir que as colhedoras do ano de 2007 deveriam ser substituídas (apesar de não estarem em operação no momento, poderiam ser alocadas conforme a necessidade das operações semanais).

Em relação as outras colhedoras, foi necessário avaliar o CAUE para todas as vidas úteis possíveis do equipamento. Assim, determinou-se a vida econômica de 4 anos para uma colhedora nova, considerando que é uma substituição idêntica de equipamento, a uma TMA de 11%.

Em síntese, com os modelos de previsões por regressões e método CAUE desenvolvidos nas colhedoras de 2014 a 2009, seus gestores poderão utilizá-los em aplicações de futuras análises de substituições das colhedoras nos próximos anos, considerando o mesmo modelo de colhedora abordado (padrão desta indústria analisada).

Esta pesquisa, portanto, apresentou um problema contemporâneo de uma agroindústria, mostrando as dificuldades dos gestores em substituir equipamentos e, apresentando métodos para solucionar este problema.

Referências

- ANDERSON D. R. *et al.* **Administração Aplicada à Administração e Economia**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 597p.
- BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos: aplicação em empresas modernas**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 214p.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de Custos e Formação de Preços: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2004. 551p.
- CARARETO, E. S. *et al.* Gestão Estratégica de Custos: custos na tomada de decisão. **Revista de Economia da UEG**, Anápolis (GO), v. 2, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.nee.ueg.br/seer/index.php/economia/article/viewFile/125/122>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- CASAROTTO, N. F.; KOPITKE, B. H. **Análise de Investimentos: Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. Ed. São Paulo, Atlas, 2010. 432p.
- CASTANHEIRA, D. R. F. **O uso do orçamento empresarial como ferramenta de apoio à tomada de decisão e apoio gerencial e ao controle gerencial em indústrias farmacêuticas de médio porte**. 2008. 103.p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.
- CORREIA, M. V. S.; SILVA, A.N. **Custos Relevantes para Tomada de Decisões: um estudo no setor têxtil do segmento de fiação e tecelagem alagoano**. Disponível em: <<http://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/2359/2359>> Acesso em: 22 abr. 2015
- CREPALDI, S. A. **Contabilidade Gerencial: Teoria e Prática**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2004. 373p.
- DEERE & COMPANY. **Especificações: colhedora de cana 3520**. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/suger_cane_harvester/3520_harvester/3520_harvester.page>. Data de acesso: 10 mai. 2015
- DIAS, D. S.; SILVA, M. F. **Como Escrever uma Monografia**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010, 152p.
- FREZATTI, F. **Orçamento Empresarial: planejamento e controle gerencial**. 5. Ed.. São Paulo: Atlas, 2009. 230p.
- GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12. Ed. São Paulo: Thelma Babaoka, 2010. 775p
- JALLES MACHADO. **Estrutura e Processos Agrícolas**. Disponível em: <<http://www.jallesmachado.com.br>>. Data de acesso: 10 mai. 2015
- KARDEC, A; NASCIF J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009, 261p.
- MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 370p.
- MARTINS, E.; ROCHA, W. **Métodos de Custeio Comparados: Custos e Margens Analisados sob Diferentes Perspectivas**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2015. 176p.
- PETERS W.S.; SUMMERS G. W. **Análise Estatística e Processo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1978. 683p.
- REBELATTO, D. **Projeto de Investimento**. 1. Ed. Barueri, SP: Manole, 2004. 329p.
- ROSS, S. A *et al.* **Princípios de Administração Financeira**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002. 523p.
- RYBA, A. *et al.* **Elementos de Engenharia Econômica**. 1. Ed. Curitiba, PR: Intersaberes, 2012. 156p
- SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica**. 1. Ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2009, 215p.
- SOUZA, A.; CLEMENTE A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2001
- SOUZA, V.C. **Organização e Gerência da Manutenção: Planejamento, Programação e Controle da Manutenção**. 3. Ed. São Paulo: All Print Editora, 2009. 285p.