

## **Estudo de viabilidade da mudança do transporte de cana-de-açúcar de treminhão para rodotrem**

### **Artigo Completo**

Tatiane Fernandes Zambrano Brassolatti- [tatianefzb@uol.com.br](mailto:tatianefzb@uol.com.br)  
Marcela Avelina Bataghin Costa (UFMS)- [marcelavelina@hotmail.com](mailto:marcelavelina@hotmail.com)  
Rafael Gonçalves de Freitas - [rgfreitas@gmail.com](mailto:rgfreitas@gmail.com)  
Fernando Antonio Bataghin- [fernandobataghin@hotmail.com](mailto:fernandobataghin@hotmail.com)

### **Resumo**

O objetivo deste artigo é realizar um estudo de viabilidade da mudança do transporte de cana-de-açúcar de treminhão para rodotrem e dimensionar a frota, a fim de reduzir os custos. O método de pesquisa foi um estudo de caso em uma usina de cana-de-açúcar e etanol. Comparou-se os custos atuais de transporte de cana-de-açúcar utilizando-se treminhões e foram estimados os custos futuros do transporte com rodotrens. Por fim, foi calculado o tempo de retorno de investimento.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Usina de açúcar e álcool, Treminhão e Rodotrem.

### **1. Introdução**

Tecnologia e assessoria técnica sempre foram a chave para obtenção de ganhos de produtividade tanto na área industrial como na área agrícola de uma usina. A tecnologia no setor sucroalcooleiro se desenvolveu muito nos últimos anos, sendo o país uma referência mundial neste setor. Para se obter eficiência no rendimento do processo industrial e agrícola, as usinas têm investido em novos equipamentos, máquinas, caminhões e softwares de controle.

Na indústria, a busca por melhorias se concentra em equipamentos chaves como moendas de extração, onde sempre há algo novo a ser implementado.

Na área agrícola também não é diferente, a busca pelo aperfeiçoamento da logística de transporte de cana-de-açúcar torna-se um item fundamental nesse processo, com investimento em caminhões mais modernos com maior potência para transportar maior volume de cana-de-açúcar por viagem.

O objetivo deste artigo é realizar um estudo de viabilidade da mudança do transporte de cana-de-açúcar de treminhão para rodotrem e dimensionar a frota, a fim de reduzir os custos.

O método de pesquisa foi um estudo de caso em uma usina de cana-de-açúcar e etanol. Comparou-se os custos atuais de transporte de cana-de-açúcar utilizando treminhões e estimou-se os custos futuros do transporte com rodotrens. Por fim, foi calculado o tempo de retorno de investimento.





A usina pesquisada localiza-se no interior do país, possui 200 funcionários na área industrial e 3000 na área agrícola (plantio, corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar, operação de máquinas e logística).

## 2. Transporte de cana-de-açúcar

O tipo de corte da cana-de-açúcar influenciará no transporte. A seguir, tem-se os tipos de corte:

- ✓ **Corte manual (cana-de-açúcar inteira):** é executado por cortadores de cana-de-açúcar trabalhando apenas durante o dia. A cana-de-açúcar é cortada rente ao solo, despontada e amontoada. Cada trabalhador corta aproximadamente de 3 à 8 ton/dia. Os montes são transportados com carregadoras que jogam na carroceria dos caminhões e carretas. O corte manual é feito com a cana-de-açúcar queimada, visando facilitar o corte. Essa prática está sendo extinta devido a proibição da queima da cana-de-açúcar a partir de 2014. O corte de cana-de-açúcar crua (cana-de-açúcar picada e sem queimar) só é possível com máquinas (UNICA, 2013).
- ✓ **Corte mecanizado (cana-de-açúcar picada):** é executado com colhedoras que chegam a cortar até 600 ton/dia. O corte é realizado em uma rua de cana-de-açúcar de cada vez. A cana-de-açúcar é cortada rente ao solo. Ela é puxada para dentro da máquina, cortada em toletes, retira-se a palha e a terra através de dois extratores de palha e, em seguida, é direcionada para a caixa do transbordo do caminhão ou trator que opera junto da colhedora. Essa operação é feita 24 horas/dia, revezando em três turnos de 8 horas de operação. Os operadores geralmente seguem uma escala de 5x1 (trabalha 5 dias e folga um). A eficiência da máquina depende muito da habilidade do operador e do tipo de cana-de-açúcar a ser cortada (LYRA, 2012).

O transporte de cana-de-açúcar teve uma evolução muito grande, passando dos caminhões toco, romeu e julieta, treminhões para rodotrens. Este é o transporte mais econômico, operando com uma quantidade menor de caminhões e obtendo várias vantagens operacionais. A Figura 1 ilustra as composições mais comuns do transporte de cana-de-açúcar:

COMPOSICAO	ESQUEMA	DESCRIÇÃO
Truck/Toco/Caminhão simples		Caminhão plataforma
Romeu e Julieta/Biminhão		Caminhão plataforma com uma carreta acoplada
Treminhão		Caminhão plataforma com duas carretas acopladas
Rodotrem		Cavalo mecânico com dois semi-reboques acoplados

**Figura 1: Descrição das composições mais comuns do transporte de cana-de-açúcar.**  
Fonte: Silva (2006).

Abaixo, tem-se os tipos de transporte de cana-de-açúcar e a capacidade de carga:

- ✓ Caminhão simples: transportam cana-de-açúcar inteira (capacidade: 15 ton, caminhões de 130 cv).
- ✓ Romeu e Julieta: transportam cana-de-açúcar inteira (capacidade: 30 à 35 ton, caminhões até 320 cv).
- ✓ Treminhão: transportam cana-de-açúcar picada (capacidade: 50 à 55 ton, carretas de 8 m) e cana-de-açúcar inteira (capacidade: 40 à 50 ton, caminhões acima de 360 cv).
- ✓ Rodotrem: transportam cana-de-açúcar picada (capacidade: 60 à 80 ton, carretas de 12,50 m) e cana-de-açúcar inteira (capacidade: 40 à 55 ton, caminhões acima de 400 cv).

A densidade do transporte depende do tipo da cana-de-açúcar (torta, reta, diâmetro do tolete e impurezas). Por exemplo, a cana-de-açúcar torta aumenta os espaços vazios diminuindo a densidade da carga ou a cana-de-açúcar inteira quando transportada em carretas de cana-de-açúcar picada também tem a sua densidade reduzida devido a acomodação.

O rodotrem com bate-volta é o transporte mais econômico por fazer mais viagens/dia, ou seja o caminhão não espera para carregar nem para descarregar na usina.

O dimensionamento do transporte é realizado de acordo com a cana-de-açúcar total a ser transportada/dia ou por hora de moagem e o tipo de transporte. A quantidade de cana-de-açúcar transportada/dia é basicamente a mesma durante todo o período de safra, obedecendo a um planejamento prévio limitado pela capacidade de moagem da usina.

A distância da frente de carregamento (local onde é colhida a cana-de-açúcar) também é muito importante no dimensionamento e influi diretamente no custo de transporte da cana-de-açúcar (R\$/ton/viagem). A distância ideal (raio médio) tem sido adotada pelas usinas de 20 à 30 km.

O período de safra é calculado pela cana-de-açúcar que deverá ser colhida, a capacidade de transporte/dia e a capacidade de moagem/dia, descontando a estimativa dos dias de chuva e parada da usina para manutenções corretivas.

A safra de cana-de-açúcar normalmente tem um período de oito meses. Iniciando, em Abril ou Maio e terminando em Novembro ou Dezembro. Na entressafra é realizado a manutenção da parte industrial e da frota de caminhões e máquinas que operam na colheita de cana-de-açúcar.

### 3. Estudo de caso

No sistema rodotrem, os caminhões somente rodam em estradas, não entram na área plantada para carregar. Por não ter que esperar o carregamento na lavoura e o mesmo acontecendo na indústria para descarregar, a quantidade de viagens é bem maior do que no sistema treminhão, reduzindo mais de 2 horas/viagem. Com isso a quantidade de veículos no sistema rodotrem é menor do que no sistema treminhão.

No sistema rodotrem, o caminhão (cavalo mecânico) chega na lavoura solta os dois semirreboques vazios e engata os reservas já carregados e volta para usina. Na indústria, ele solta as duas carretas carregadas, engata outras vazias (reservas) e volta para a lavoura. As carretas carregadas deixadas na porta do setor industrial são, posteriormente, tracionadas para a descarga com tratores ou caminhões (chamados de “escravos”). A frota de caminhões no

sistema rodotrem com bate-volta é aproximadamente 40% menor do que no sistema do treminhão. Essas vantagens fazem com que o sistema seja mais econômico do que no sistema do treminhão.

Atualmente, a usina pesquisada processa 24.000 ton/dia, sendo 15.000 toneladas de cana-de-açúcar inteira e 9.000 toneladas de cana-de-açúcar picada. Nesse estudo, está previsto que 7.500 toneladas de cana-de-açúcar inteira passarão para corte mecanizado, somando às 9.000 ton que já existe, onde os treminhões serão substituídos por rodotrens. As 7.500 toneladas da cana-de-açúcar inteira irão continuar sendo transportadas por treminhões por 2 anos.

As carretas (julietas) de treminhões (plataforma) não poderão ser aproveitadas nos rodotrens em virtude do caminhão ser diferente (cavalo). As carretas serão substituídas por semirreboques de 12,5 m. Os novos caminhões terão capacidade suficiente para tracioná-las (caminhões entre 420 e 480 cv tracionam até 150 ton bruta).

No pátio da indústria, os semirreboques carregados poderão ser tracionados para dentro da usina por tratores com dolly, porém a prática normal e mais econômica é utilizar caminhões descartados do transporte de cana-de-açúcar, adaptando-os para caminhões-tratores (conhecidos como “escravos”), para tanto é necessário a adaptação de uma quinta roda, evitando a compra de tratores e dollys.

Esse estudo considera a adaptação de caminhões plataforma para serem utilizados como escravos. No cálculo da “redução de despesas”, serão considerados apenas os caminhões em operação, supondo que a quantidade reserva permanecerá sempre em manutenção e outras paradas não previstas, portanto sem motoristas. No cálculo do dimensionamento de frota foi acrescentado à quantidade de caminhões obtida, mais 10 à 15%, devido a paradas para manutenção.

### 3.1 Informações iniciais para a substituição do sistema treminhão

A seguir, têm-se as informações para o cálculo da substituição do sistema treminhão para rodotrem. Considerar cana-de-açúcar inteira (CI) e cana-de-açúcar picada (CP):

1. Velocidade média: vazio (indo para o carregamento) = 35 km/h, carregado (voltando para a usina) = 25 km/h. A velocidade média do rodotrem é aproximadamente a mesma do treminhão.
2. Raio médio da viagem = 29 km.
3. Quilometragem média/safra do treminhão = 54.220 km.
4. Quilometragem prevista/safra do rodotrem = 80.000 km.  
O rodotrem realiza um maior número de viagens por dia que o treminhão.
5. Custo/motorista/mês = R\$ 3.000,00.
6. Turnos = 3 (escala 5:1, os motoristas trabalham 5 dias e folgam 1 dia).
7. Quantidade de motoristas: 86 caminhões x 3 turnos x 1,2 (fator de correção devido a escala 5:1) = 310 motoristas, durante os 12 meses do ano, pois os motoristas não são dispensados na entressafra.
8. Tempo de safra = 8 meses (Abril à Novembro).
9. Tempos de parada: carregamento e descarga (treminhões) para cana-de-açúcar inteira = 1h30min à 2h e para cana-de-açúcar picada (rodotrens)= 30 min.
10. No rodotrem considerar 30 à 45 min/dia de perda para engatar/desengatar e manobras e 165 min para abastecimento, refeição e troca de turno (no ciclo de viagem).

11. Moagem diária = 24.000 toneladas.
  12. Transporte/dia: 500 ton/caminhão (rodotrem).
- Cana-de-açúcar picada: 9.000 toneladas (37%) 5 frentes (1.800 ton/frente). Previsto passar 7.500 toneladas de cana-de-açúcar inteira para picada (5 frentes de 3.300 ton), totalizando 16.500 ton/dia.
- Cana-de-açúcar inteira: 15.000 ton (63%) 4 frentes (3.750 ton/frente). Previsto passar 50% para corte mecanizado (2 frentes de 3.750 ton/frente).
13. Frota atual de treminhões: 30 transportando CP e 56 transportando CI.
  14. Carretas dos treminhões: 62 transportando CP e 110 transportando CI.
  15. Previsão para rodotrem com semirreboques de 12,5 m: 70 ton/viagem.
  16. Consumo de diesel (onde SC são caminhões da marca Scania e MB da marca Mercedes-Benz):
    - ✓ 20 caminhões MB modelo L-2638 utilizados para transportar CP consomem 1,22 km/L;
    - ✓ 16 caminhões SC modelo T-112, sendo 3 transportando CP consomem 1,10 km/L e 13 transportando CI consomem 1,06 km/L;
    - ✓ 40 caminhões SC modelo R-113, sendo 7 transportando CP consomem 1,18 km/L e 33 transportando CI consomem 1,13 km/L;
    - ✓ 10 caminhões de modelo Volvo modelo N 10 utilizados para transportar CI consomem 1,07 km/L;
    - ✓ Total de 86 caminhões.
  17. Custo de manutenção/km (frota atual), sem considerar o custo da troca de pneus:

**Tabela 1: Custo de manutenção/km (frota atual).**

Quantidade	Caminhão (Modelo)	Ano	Custo (R\$/km)
40	SC R-113	97	0,60
16	SC T-112	92/4/5	1,06
10	Volvo N 10	93	1,00
20	MB L-2638	01	0,40

18. Custo de manutenção/km do caminhão Scania modelo G 480 6x4 CA (caminhão a ser comprado), sem considerar o custo da troca de pneus:

**Tabela 2: Custo de manutenção/km do caminhão Scania modelo G 480 6x4.**

Ano	Sem pneus para 70.000 km (R\$/km)
1º	0,18
2º	0,25



3º	0,40
4º	0,48
Média	0,33

Será considerado a média dos 4 anos (R\$ 0,33/km).

19. Pneus (preço por pneu): modelo 11.00R22 G-386 R\$ 1.636,00 (dianteiro) e modelo 11.00R22 G-377 R\$ 1.636,00 (traseiro).

20. Durabilidade: 1ª vida: dianteiro 80.000 km e traseiro 62.000 km, 2ª e 3ª reforma (R\$ 340,00/reforma) = 40.000 km.

21. Preço da adaptação no caminhão plataforma para cavalo = R\$ 20.000,00.

22. Preço do caminhão Scania G 480 6x4 CA = R\$ 390.000,00.

23. Preço do diesel (usina) R\$ 1,80/L.

### 3.2 Cálculo da quantidade de rodotrens

A topografia é um dos itens que influi no tempo de viagem. A usina pesquisada possui topografia boa (80% plana).

#### 3.2.1 Cálculo da quantidade de viagens por dia (rodotrem)

Tempos de paradas que deverão ser descontados das 24 horas disponíveis dos caminhões (considerando 3 turnos de operação).

1. Refeição = média de 90 minutos (30 min/turno).
2. Abastecimento = 30 minutos (1 abastecimento/dia).
3. Troca de turno = 45 minutos (15 min/turno).
4. Total de paradas = 165 minutos (2,45 h) ~10%.
5. Tempo disponível para operação: 1440 (24 h) – 165 (2,45 h) = 1275 min (21,25 h).
6. Tempo do ciclo de viagem (cálculo teórico):
  - ✓ Distância média do transporte: 29 km;
  - ✓ Velocidade média dos caminhões vazios: 35 km/h;
  - ✓ Velocidade média dos caminhões carregados: 25 km/h.
7. Tempo de viagem vazio:  $29 \text{ km} \times 60 \text{ min} \div 35 \text{ km} = 49,7 \text{ min}$ .
8. Tempo de viagem carregado:  $29 \text{ km} \times 60 \text{ min} \div 25 \text{ km} = 69,6 \text{ min}$ .
9. Acrescentar tempo durante o ciclo para engate, desengate e manobras de 38,0, tem-se:
  - ✓ Total do ciclo:  $49,7 \text{ min} + 69,6 \text{ min} + 38,0 \text{ min} = 157,3 \text{ min} (2,74 \text{ h})$ ;
  - ✓ Quantidade de viagens/dia:  $1275 \text{ min} \div 157,3 \text{ min} = 8,1 \text{ viagens}$ .

#### 3.2.2 Cálculo da quantidade de viagens por dia (treminhão)

Os tempos de paradas que deverão ser descontados das 24 horas são iguais ao do rodotrem (165 minutos). Os tempos de viagem vazio e carregado são praticamente iguais ao do rodotrem (49,7 min + 69,6 min).

No treminhão, os tempos de espera para carregar e descarregar é aproximadamente 90 minutos. No rodotrem, não existe essa espera, desde que faça bate-volta com carretas reservas nas duas extremidades do ciclo.

Total do ciclo do treminhão: 49,7 min + 69,6 min + 90 min = 209,3 min. Quantidade de viagens/dia: 1.275 min / 209,3 min = 6,1 viagens.

O tempo de carregamento do treminhão é: tempo de carregamento das duas carretas + tempo para amarrar a carga dos três compartimentos + tempo para aparar toda carga (este ocorre somente para a cana-de-açúcar inteira).

Na usina, os treminhões de cana-de-açúcar inteira, ficam na fila aguardando a descarga dos três compartimentos. A cana-de-açúcar picada tem prioridade na descarga porque deteriora mais rápido do que a cana-de-açúcar inteira.

### 3.2.3 Cálculo da quantidade de caminhões com as alterações previstas

**Cana-de-açúcar inteira (com treminhões):** Atualmente, trabalha-se com 7.500 ton/dia com 2 frentes de 3.750 ton/dia. Nos próximos 2 anos, ainda serão utilizados treminhões. Posteriormente, será transportada somente cana picada com rodotrens. Considerar: 48 ton/viagem teremos: 6,1 viagens x 50 ton/viag. = 305 ton/dia. 7.500 ton/dia ÷ 305 ton/dia = 25 caminhões. Outras informações: 10% de paradas por problemas de manutenção (manutenção mecânica, lavagem, lubrificação, borracharia, corretiva rápida), 5% de paradas não previstas. Tem-se: 25 caminhões + 15 % = 28,7 caminhões. Desta forma, são 25 caminhões operando e 3 em manutenção (12,5 caminhões/frente). Portanto, 2 frentes de cana inteira continuarão com 28 caminhões treminhões e 50 carretas (25 caminhões x 2 carretas = 50) + 16 reservas (2 conjuntos em cada extremidade para fazer bate-volta) e 6 reservas (10% das 66 carretas). As 22 carretas reservas sobraram dos caminhões descartados

**Cana-de-açúcar picada (com rodotrens):** de acordo com a proposta planeja-se 16.500 ton/dia (9.000 + 7.500) com 5 frentes de 3.300 toneladas. Transportando-se 70 ton/viagem tem-se: 8 viagens x 70 ton/viagem = 560 ton/dia. 16.500 ton/dia ÷ 560 ton/dia = 29,5 caminhões (6 caminhões/frente). Considerando 15% de paradas: 29,5 caminhões + 15% = 33,9 caminhões. Conclui-se: 30 caminhões operando e 4 em manutenção. Para levar os semirreboques carregados do pátio para descarregar na indústria serão necessários 6 caminhões trator (cavalo mecânico). Para essa operação, poderemos aproveitar 6 caminhões que serão descartados e adaptados para cavalos. Esses cavalos são chamados, popularmente, de “escravos”.

**Tabela 3: Cálculo da quantidade de caminhões com as alterações previstas.**

Caminhões		Proposta		
Cana-de-açúcar	Frota atual	Operando	Manutenção	Total
CP (cana-de-açúcar picada)	30	30	4	34

CI (cana-de-açúcar inteira)	56	25	3	28
Escravos	(velhos)	6	-	6
Total	86	61	7	68

**Tabela 4: Comparação cenário atual x proposta.**

Cenário atual (total de 86)			Proposta (total de 68)			
Caminhão	CI	CP	CI	CP	Escravos	Vender
MB L-2638		20	-	-	-	20
SC T-112	13	3	-	-	-	16 (13CI+3CP)
SC R-113	33	7	28	-	6	6 (33+7-28-6)
Volvo N 10	10	-	-	-	-	10
Scania G 480	-	-	-	34	-	-
Total	56	30	28	34	6	52

De acordo com a proposta, tem-se:

- ✓ 34 caminhões rodotrens novos substituirão 52 treminhões;
- ✓ 34 caminhões (28 + 6) treminhões continuarão operando com CI durante dois anos.

### 3.2.4 Dimensionamento dos semirreboques e dollys

O dolly conecta dos dois semirreboques do rodotrem. A Tabela 5 descreve o dimensionamento dos semirreboques e dollys.

**Tabela 5: Dimensionamento dos semirreboques e dollys.**

Item	Local e uso	CP	Caminhão	Semirreboque	Dolly
1	Caminhões em Operação	CP	30	60	30
2	2 conjuntos carretas / frente x 5 frentes	CP	-	20	10
3	Pátio da indústria (mesma	CP	-	20	10



	quantidade das frentes)				
4	Em manutenção	CP	4	10	5
Total	//	CP	34	110	55

A Tabela 6 apresenta o dimensionamento das carretas (julietas) de cana-de-açúcar inteira (para 2 frentes que irão continuar nos próximos 2 anos).

**Tabela 6: Dimensionamento das carretas (julietas) de CI (2 frentes - 2 anos).**

Descrição	Caminhões	Carretas
Operando	25	50
2 conj. de carretas/ frente x 2 frentes	-	8
Pátio da indústria	-	8
Em manutenção	3	6
Total	28	72

### 3.2.5 Especificação e custo dos caminhões e equipamentos para aquisição

A seguir, tem-se as especificações dos caminhões e equipamentos a serem adquiridos.

#### **Caminhões:**

Scania G 480 6x4 CA com opticruise equipado com 5ª roda de 3.1/2”:

- ✓ Potência: 480 cv – 13 litros a 1.900 rpm;
- ✓ Torque máx: 2.400 Nm entre 1.000 - 1.350 rpm;
- ✓ Capacidade máxima de tração: 150 ton;
- ✓ Potência freio motor: 261 KW à 2.400 rpm;

#### **Semirreboques:**

- ✓ Semirreboques de 12,5 m com 2 eixos e pino rei de 3.1/2”.

#### **Dollys:**

- ✓ Dolly c/ dois eixos e 5ª roda de 3.1/2”;

- ✓ Pneus Goodyear G-386 11.00-22.

A Tabela 7 descreve os investimentos a serem feitos.

**Tabela 7: Investimentos.**

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Caminhão Scania G 480 CA	34	390.000,00	13.260.000,00
Semi-reboque CP 12,5m	110	112.000,00	12.320.000,00
Dolly	55	52.000,00	2.860.000,00
Adaptação para escravos	6	-	120.000,00
Total	205	554.000,00	28.560.000,00

Dos 86 caminhões plataformas, 28 ficarão para o transporte de cana-de-açúcar inteira e 6 para escravos, o restante 52 caminhões serão vendidos. Os semirreboques de cana-de-açúcar picada dos rodotrens, carregados, no pátio serão tracionados pelos 6 cavalos escravos.

O custo para transformar 6 caminhões plataforma em caminhões tratores (escravos): 6 caminhões x R\$ 20.000,00 = R\$ 120.000,00.

**Tabela 8: Equipamentos para venda.**

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Caminhão SC T-112 (82 a 91)	16	40.000	640.000
Caminhão Volvo N10 (90 a 92)	10	35.000	350.000
Caminhão SC R-113 (93 a 94)	6	42.000	252.000
Caminhão MB L-2638 (2002)	20	85.000	1.700.000
Subtotal (caminhões)	52	-	2.942.000
Carretas CI	38	7.000	266.000
Carretas CP	62	7.000	434.000
Carrocerias CI	28	4.000	112.000

Carrocerias CP	30	4.000	120.000
Subtotal (implementos)	158	-	932.000
Total equipamento	210	224.000,00	3.874.000

### 3.2.6 Redução de custo com a substituição dos treminhões por rodotrens

#### Motoristas

Antes:

52 motoristas x 3 turnos x 1,2 (folgas) = 187,2 motoristas

87 motoristas x R\$ 3.000,00 x 12 meses = R\$ 6.732.000,00

Depois:

34 motoristas x 3 turnos x 1,2 (folgas) = 122,4 motoristas

122 motoristas x R\$ 3.000,00 x 12 meses = R\$ 4.392.000,00

Diferença (economia): R\$ 6.732.000,00 – R\$ 4.392.000,00 = R\$ 2.340.000,00

Considerou-se 12 meses porque os motoristas não são dispensados na entressafra devido à falta desses profissionais no mercado.

#### Manutenção

A Tabela 9 descreve o custo de manutenção dos caminhões que serão vendidos.

**Tabela 9: Custo com a manutenção dos caminhões que serão vendidos.**

Quantidade	Caminhões	Km/média	R\$/km	Total (R\$)
6	SC R-113	54.220	0,60	195.192,00
16	SC T-112	54.220	1,06	919.571,00
10	Volvo	54.220	1,00	542.200,00
20	MB L-2638	54.220	0,40	433.760,00
Total	52	216.880	3,06	2.090.723,00

Considerando que 34 caminhões rodotrens irão substituir 52 treminhões e que irão rodar a mesma quilometragem ( $52 \times 54.220 = 2.819.440 \text{ km} \div 34 \text{ caminhões} = 82.925 \text{ km}$ ) para transportar a mesma carga/dia e o custo/km do caminhão Scania G 480 é R\$ 0,33 (média dos 4 anos), tem-se:

- ✓ 52 treminhões = R\$ 2.090.723,00;
- ✓ 34 rodotrens x 82.925 km x 0,33 R\$/km = R\$ 930.418,50;
- ✓ Redução de custo = R\$ 2.090.723,00 - R\$ 930.418,50 = R\$ 1.160.304,50.

### Consumo de óleo diesel

A seguir, tem-se o consumo de óleo diesel dos treminhões:

- ✓ 20 caminhões MB modelo L-2638, transportando CP consomem 1,22 km/L  
Cálculo do consumo de diesel durante a safra (rodando 54.220 km):  
(20 x 54.220 km) / 1,22 km/L = 888.852 L
- ✓ 3 caminhões SC modelo T-112, transportando CP consomem 1,10 km/L  
Cálculo do consumo de diesel durante a safra (rodando 54.220 km):  
(3 x 54.220 km) / 1,10 km/L = 147.873 L
- ✓ 13 caminhões SC modelo T-112, transportando CI consomem 1,06 km/L  
Cálculo do consumo de diesel durante a safra (rodando 54.220 km):  
(13 x 54.220 km) / 1,06 km/L = 664.962 L
- ✓ 6 caminhões SC modelo R-113 transportando CP consomem 1,18 km/L  
Cálculo do consumo de diesel durante a safra (rodando 54.220 km):  
(6 x 54.220 km / 1,18 km/L) = 275.695 L
- ✓ 10 caminhões Volvo modelo N 10 transportando CI consomem 1,07 km/L  
Cálculo do consumo de diesel durante a safra (rodando 54.220 km):  
(10 x 54.220 km) / 1,07 km/L = 506.729 L
- ✓ Os 52 caminhões treminhões totalizam um consumo de 2.484.111 L por safra.
- ✓ Os caminhões rodotrens consomem 1,25 km/L. O consumo total, por safra, de 34 rodotrens é:  $34 \times 82.925 \text{ km} / 1,25 \text{ km/L} = 2.255.560 \text{ L}$
- ✓ Diferença de consumo (economia) entre os 52 caminhões descartados e 34 caminhões rodotrens:  $2.484.111 \text{ L} - 2.255.560 \text{ L} = 228.551 \text{ L} \times \text{R\$ } 1,80 = \text{R\$ } 411.391,00$

### Economia com pneus

Considerando que os pneus dos 86 treminhões estão com 50 % de sua vida útil e os 34 caminhões novos (rodotrens) estão com 100 % , tem-se uma economia de 50 %.

$$\text{R\$ } 1.636,00 \times 10 \text{ pneus} \times 34 \text{ caminhões} = 556.240,00 = \text{R\$ } 278.120,00 (50\%)$$

### Crédito ICMS

O crédito de ICMS é de 12% sobre o valor de venda dos caminhões, devolvido em 48 meses.

R\$ 28.440.000,00 x 12% = R\$ 3.412.800,00 ÷ 48 meses = R\$ 71.100,00/mês = R\$ 853.200,00/ano

A Tabela 10 apresenta um resumo da redução dos custos.

**Tabela 10: Resumo da redução dos custos.**

Itens de redução	Antes (R\$)	Depois (R\$)	Redução (R\$)	%
Motoristas	6.732.000,00	4.392.000,00	2.340.000,00	34,7
Manutenção	2.090.732,00	930.418,50	1.160.304,50	55,5
Diesel	2.481.111,00	2.255.560,00	411.391,80	16,6
Subtotal	11.303.834,00	7.577.978,50	3.911.696,30	34,6
Pneus	-	-	278.120,00	-
Crédito ICMS	-	-	3.412.800,00	100,0
Subtotal	-	-	3.690.920,00	-
Total	11.303.834,00	7.577.978,50	7.602.613,30	-

### 3.3 Aplicação do método *Payback*:

O método *pay back* avalia qual é o tempo de retorno do investimento, sem considerar as taxas de juros. A seguir tem-se a aplicação deste método para os cálculos realizados até aqui:

Retorno de investimento: ( compra – venda ) / economia

$$\frac{(\text{R\$ } 28.440.000,00 + \text{R\$ } 120.000,00) - \text{R\$ } 3.874.000,00}{\text{R\$ } 7.602.613,30} = 3,25 \text{ anos}$$

### 4. Conclusão

O objetivo deste artigo que é realizar um estudo de viabilidade da mudança do transporte de cana-de-açúcar de treminhão para rodotrem e dimensionar a frota foi atingido. Do ponto de vista operacional e financeiro, o transporte de cana-de açúcar utilizando o rodotrem se mostrou bastante vantajoso em relação ao atual, treminhão.

Em relação ao operacional, os treminhões aguardam em uma fila na usina para descarregar a carga, aumentando a ineficiência do sistema de transporte. Já, os rodotrens apenas



descarregam os semirreboques cheios de cana-de-açúcar e carregam os semirreboques vazios, na usina. O tempo de carregamento e descarregamento dos semirreboques é menor que o dos treminhões.

Do ponto de vista financeiro, o tempo de retorno de investimento (*pay back*) do sistema de rodotrens é 3,25 anos, um prazo relativamente curto, comprovando que o custo de aquisição de rodotrens, semirreboques e dollys é viável. Além disso, no sistema de rodotrens, a usina trabalhará com uma frota menor de caminhões que no sistema de treminhões reduzindo os custos operacionais totais.

Desta forma, conclui-se que é viável a adoção do sistema de rodotrens para a usina estudada.

## 5. Referências

Lyra, G. A. *Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor*. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. *Princípios de Administração Financeira*; tradução Antonio Zoratto Sanvicente. –São Paulo: Atlas, 1998.

SILVA, J. E. A. R. *Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar*. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-açúcar. *Balanço 2012*. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=7073337>>. Acesso em: 01/07/2013.