

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ENERGÉTICA COMPARATIVA NA LOGÍSTICA DE  
TRANSPORTE MULTIMODAL DA SOJA**

**FÁBIO CÉSAR BOVOLenta**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Fevereiro – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE ENERGÉTICA COMPARATIVA NA LOGÍSTICA DE  
TRANSPORTE MULTIMODAL DA SOJA**

**FÁBIO CÉSAR BOVOLenta**

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Martin Biaggioni

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Fevereiro - 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B783a Bovolenta, Fábio César, 1971-  
Análise energética comparativa na logística de transporte multimodal da soja / Fábio César Bovolenta. - Botucatu : [s.n.], 2007.  
ix, 59 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007  
Orientador: Marco Antônio Martin Biaggioni  
Inclui bibliografia

1. Análise energética. 2. Logística. 3. Transportes. 4. Soja - Exportação. I. Biaggioni, Marco Antônio Martin. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


**TÍTULO: "ANÁLISE ENERGÉTICA COMPARATIVA NA LOGÍSTICA DE  
TRANSPORTE MULTIMODAL DA SOJA"**


**ALUNO: FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTONIO MARTIM BIAGGIONI**

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARCO ANTONIO MARTIM BIAGGIONI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. LUIZ FERNANDO NICOLOSI BRAVIM

Data da Realização: 15 de fevereiro de 2007.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	VIII
1.RESUMO.....	1
2.SUMMARY.....	2
3.INTRODUÇÃO.....	3
4.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Sobre a soja.....	5
4.2 Logística de transporte.....	7
4.3 Multimodalidade.....	8
4.4 Modais de transporte.....	10
4.4.1 Transporte rodoviário.....	10
4.4.2 Transporte hidroviário.....	13
4.4.3 Transporte ferroviário.....	15
4.5 Sobre o transbordo da soja.....	17
4.6 Análise energética do transporte.....	19
4.6.1 Energia do tipo direta de fonte fóssil sob a forma de combustíveis e lubrificantes.....	21
4.6.2 Energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra.....	22
4.6.3 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de máquinas e equipamentos.....	25
5.MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Delimitação das rotas e modais de transporte.....	27
5.1.1 Rota multimodal (rota 1).....	27
5.1.2 Rota unimodal (rota 2).....	33
5.2 Fatores físicos envolvidos no trajeto.....	34

5.3 Conversão dos fatores físicos em energéticos.....	35
5.3.1 Energia do tipo direta de fonte industrial sob a forma elétrica.....	36
5.3.2 Energia do tipo direta de fonte fóssil sob a forma de combustíveis e lubrificantes.....	37
5.3.3 Energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra.....	39
5.3.4 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de máquinas e equipamentos.....	40
5.3.5 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de manutenção de rodovias, hidrovias e ferrovias.....	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
6.1 Modal rodoviário de Rio Verde (GO) à São Simão (GO), pela rota 1.....	43
6.2 Modal hidroviário de São Simão (GO) à Pederneiras (SP), pela rota 1.....	44
6.3 Modal ferroviário de Pederneiras (SP) à Santos (SP), pela rota 1.....	46
6.4 Análise comparativa entre os modais da rota 1.....	47
6.5 Modal rodoviário de Rio Verde (GO) à Santos (SP), pela rota 2.....	50
6.6 Análise comparativa entre as rotas 1 e 2.....	51
6.7 Análise comparativa entre os indicadores energético e econômico.....	53
7. CONCLUSÕES.....	54
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Coeficientes energéticos ( $\text{MJ.kg}^{-1}$ ) correspondentes a cada tipo de material utilizado nas depreciações energéticas de máquinas ou equipamentos.....	41
2	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte rodoviário na <b>rota 1 multimodal de Rio Verde (GO) à São Simão (GO)</b> .....	44
3	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte hidroviário na <b>rota 1 multimodal de São Simão (GO) à Pederneiras (SP)</b> .....	45
4	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transporte ferroviário e descarga na <b>rota 1 multimodal de Pederneiras (SP) à Santos (SP)</b> .....	47
5	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, na <b>rota 1 multimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP)</b> .....	49
6	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transporte e descarga na <b>rota 2 multimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP)</b> .....	51
7	Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, nas <b>rotas 1 e 2 - multimodal e unimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP)</b> .....	52
8	Demanda específica de energia (CEE) e custo específico unitário (CEU), apresentados pelas rotas analisadas.....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Produção brasileira dos principais grãos da safra 2002-2003.....	6
2	Escoamento da soja, por rodovia, do município de Rio Verde (GO) até o terminal de São Simão (GO).....	12
3	Escoamento da soja, por rodovia, do município de Rio Verde (GO) até o porto de Santos (SP).....	12
4	Escoamento da soja, por hidrovia, do município de São Simão (GO) até o terminal de Pederneiras (SP).....	15
5	Escoamento da soja, por ferrovia, do município de Pederneiras (SP) até o porto de Santos (SP).....	17
6	Fluxograma do escoamento multimodal da soja, de Rio Verde (GO), São Simão (GO), Pederneiras (SP) até o porto de Santos(SP).....	28
7	Semi-reboques graneleiros para o transporte de soja por rodovia. ....	29
8	Terminal hidroviário de São Simão (GO).....	30
9	Comboio hidroviário graneleiro, transportando a soja por hidrovia até Pederneiras (SP).....	31
10	Terminal hidroviário de Pederneiras (GO).....	32
11	Comboio ferroviário graneleiro, descarregando a soja em Santos (SP).....	32
12	Fluxograma do escoamento unimodal da soja, de Rio Verde (GO) até o porto de Santos(SP).....	33



**LISTA DE FIGURAS**

Figuras		Página
13	Fluxograma dos fatores físicos que escoam a soja pela rota 1, de Rio Verde (GO), São Simão (GO), Pederneiras (SP) até o porto de Santos(SP).....	34
14	Fluxograma dos fatores físicos que escoam a soja pela rota 2, de Rio Verde (GO) até o porto de Santos (SP).....	35

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ALL	América Latina Logística
BEN	Balanco Energético Nacional
BR	Brasil – estrada federal
cm	centímetro
ES	Espírito Santo
GER	Gasto Energético em Repouso
GO	Goiás
h	horas
ha	hectare
HP	Horse Power
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
J	Joule
kcal	quilo-caloria
kg	quilograma
kJ	quilo-Joule
km	quilômetro
kW	quilo-Watts
L	litro
m	metro
MB	Metabolismo Basal
Mcal	Mega-calorias
MG	Minas Gerais
min	minutos
MJ	Mega-Joules
MRS	Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
MW	Mega-Watts

**LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

PIB	Produto Interno Bruto
PR	Paraná
R\$	Reais
RS	Rio Grande do Sul
SP	São Paulo
t	toneladas
US\$	Dólar
W	Watt
$\Sigma$	somatório
%	percentual

## 1. RESUMO

O presente trabalho objetivou analisar o fluxo energético considerando as rotas atualmente existentes para o escoamento de soja da região centro-oeste do Brasil, mais precisamente, do município de Rio Verde (GO) até o porto de Santos (SP), visto que, é um grande pólo exportador de granéis sólidos. Foram selecionadas duas rotas para a análise, uma contemplando a multimodalidade, ou seja, os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, e outra, uma única modalidade, o modal rodoviário.

A conversão dos fatores físicos e operacionais envolvidos nos sistemas logísticos, multimodal e unimodal de transportes estudados se deu por meio de coeficientes energéticos levantados junto à literatura.

Os resultados obtidos indicaram, pela rota 1 multimodal, com gasto energético específico maior o modal rodoviário ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ), seguido pelo modal ferroviário ( $0,42 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ) e, em terceiro, o modal hidroviário ( $0,22 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ). Pela rota 2 unimodal rodoviário, o resultado indicou  $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ .

Nas participações de energia apresentadas, comparando as rotas 1 e 2, a que apresentou maior gasto energético específico foi a rota 2 ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ), seguida pela rota 1 ( $0,34 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ).

COMPARATIVE ENERGY ANALYSIS IN THE LOGISTIC ONE OF MULTIMODAL TRANSPORT OF THE SOY. Botucatu, 2007. 59f. Monografia (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA

Adviser: MARCO ANTÔNIO MARTIN BIAGGIONI

## 2. SUMMARY

The present work objectified to currently analyze the energy flow considering the existing routes for the draining of soy of the region center-west of Brazil, more necessarily, of the city of Rio Verde (GO) until the port of Santos (SP), since, it is a great exporting polar region of solid granaries. Two routes for the analysis had been selected, one contemplating the multimodality, that is, modal the road, together railroad worker and water road, and another one, an only modality, the modal road.

The conversion of involved the physical and operational factors in the systems logistic, multimodal and unimodal of studied transports if gave by means of raised energy coefficients next to literature.

The gotten results had indicated, for multimodal route 1, with energy expense specific greater the modal road ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ), followed for modal railroad worker ( $0,42 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ) e, in third, the modal water road ( $0,22 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ). For route 2 road unimodal, the result indicated  $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ .

In the presented participation of energy, comparing routes 1 and 2, the one that specific energy expense presented greater it was route 2 ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ), followed for route 1 ( $0,34 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ).

### 3. INTRODUÇÃO

Muito se tem pesquisado sobre os sistemas produtivos brasileiros, desde a unidade de produção rural e seus fornecedores de insumos até a distribuição de produto para os compradores finais de alimentos. Tem-se presenciado um progresso muito significativo no desenvolvimento e disseminação de novas técnicas de produção, assim como a redução de custos dentro das unidades agrícolas.

Observa-se, no entanto, que as *commodities* perdem competitividade ao longo de sua cadeia agroindustrial, principalmente no que se refere ao escoamento, até os portos exportadores.

Hoje, como parte integrante dos departamentos de logística de todas as empresas e pelo próprio governo brasileiro, está o estudo e a busca pela diminuição do chamado “custo Brasil”. Esse que, por sua vez, está formado por itens como impostos, estradas (rodoviárias e ferroviárias), sistemas de armazenagem, transportes hidroviários (fluviais e de cabotagem), sistemas portuários e encargos de mão-de-obra.

A logística de transportes está relacionada com a administração da distribuição e manuseio de cargas. A utilização dos princípios logísticos tem sido muito valorizada, visando a otimização da eficiência das operações de transporte.

Cada modalidade de transporte - rodoviário, hidroviário e ferroviário – oferece uma série de vantagens e desvantagens para a movimentação de cargas, em particular os graneis.

O transporte rodoviário apresenta mais flexibilidade de rotas em relação aos outros, porém com fretes maiores. Já os transportes hidroviário e ferroviário são caracterizados pela movimentação de cargas com baixo valor agregado e alto peso específico e fretes menores.

Tomando como base os dados da matriz origem-destino de grãos sólidos agrícolas, as distâncias percorridas das regiões produtoras do centro-oeste do Brasil até o porto de Santos, são relativamente altas. Entretanto, as modalidades de transporte rodoviária, hidroviária e ferroviária devem estar conjugadas quando disponíveis.

A multimodalidade de transportes mostra-se como opção para a logística no escoamento da soja. Por causa de características diferentes entre os modais alternativos, como custos e outros aspectos qualitativos, pode ser economicamente desejável que entre a origem e destino de determinada mercadoria seja utilizada mais de uma modalidade de transporte, com o uso de vantagens inerentes a cada uma delas, o que resulta num serviço de menor custo e de melhor qualidade.

A energia consumida e produzida num sistema logístico como este, depende de alguns fatores diretos e indiretos de operação. O óleo diesel, por exemplo, apresenta acentuada demanda de consumo energético, mas não é somente ele quem determina a contabilidade de energia total da logística de transporte multimodal da soja. Entre outros estão o consumo de energia de lubrificante e graxa, o consumo de energia de máquinas e equipamentos, o consumo de energia de mão de obra, o consumo de energia elétrica e o consumo de energia para manutenção de rodovias, hidrovias e ferrovias.

Assim, a análise energética na logística de transporte multimodal pode revelar, de forma clara, a relação estrutural do sistema, mostrando o que pode ser eficiente ou ineficiente energeticamente.

Tendo em vista a importância que o transporte de grãos representa para o agronegócio, o presente trabalho objetiva realizar uma análise energética de duas rotas de escoamento da soja da região centro oeste do Brasil, uma contemplando a multimodalidade, ou seja, os modais rodoviário, hidroviário e ferroviário, e outra, uma única modalidade, o modal rodoviário.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Sobre a soja**

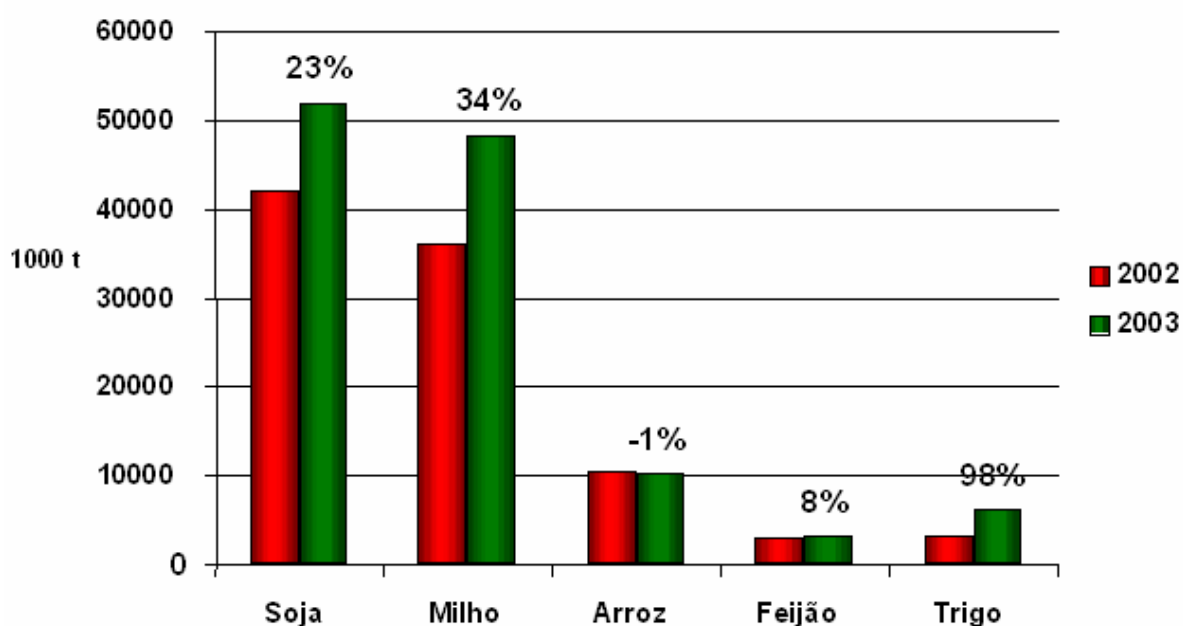
Segundo Pavan (2005), a soja e seus derivados são os produtos que mais geram volume de exportação no país. O Brasil é o segundo maior exportador de soja do mundo. As exportações do “complexo soja” equivaleram cerca de um terço de toda exportação agrícola do país, 11% de todo valor exportado, o que representou US\$ 8,1 bilhões, em 2003.

IBGE (2006a) relatou que a grande parte da soja produzida no país é destinada ao mercado externo. Em 2003, o Brasil produziu 51,5 milhões de toneladas e exportou quase 20 milhões de toneladas, tendo sofrido um volume de perdas da ordem de 3,5 milhões de toneladas na fase de pós-colheita (Figura 1).

Ainda para IBGE (2006a), excluindo o volume exportado e a quantidade perdida do produto, houve uma disponibilidade interna de 26,2 milhões de toneladas, em 2003, que foi utilizada, em grande parte pela indústria, para a produção de derivados de soja, como óleo, farelo, etc. A União Européia foi a maior compradora da soja brasileira no ano de 2003, embora a China venha aumentando sua participação desde o ano 2000.

Para Pavan (2005), os aumentos da produtividade e da produção de soja podem esbarrar na capacidade de escoamento do país, que tem investido menos do que as previsões e as necessidades estimadas pelas empresas.





**Figura 1.** Produção brasileira dos principais grãos da safra 2002-2003. Fonte: IBGE (2006a)

Caixeta Filho e Gameiro (2001) destacaram que, numa época de pico, os caminhões existentes no mercado não são suficientes para atender a toda movimentação de soja e de outras *comodities*. A iniciativa privada tem feito investimentos no sentido de melhorar a infra-estrutura, de tal forma a diversificar alternativas para o seu escoamento, como exemplos a Ferronorte e as hidrovias do Madeira e Tietê-Paraná.

Pavan (2005), por sua vez, descreveu que uma característica importante do processo de escoamento da soja é a sazonalidade existente devido ao período da safra. No Brasil, o plantio é feito nos últimos meses do ano e a colheita no primeiro semestre. Tendo em vista que a colheita dos Estados Unidos ocorre no segundo semestre, a exportação brasileira deve ocorrer no primeiro semestre, e o escoamento acaba concentrando-se nesse período.

Segundo Pavan (2005), as áreas de plantio da soja no Brasil estão localizadas principalmente nas regiões sul e centro oeste. Esta última, entretanto, é a mais promissora em termos de possibilidades de expansão da área plantada e da produtividade por hectare.

Para Brasil (2006a), os principais portos exportadores de soja brasileiros são o porto de Paranaguá (PR), porto de Santos (SP), porto do Rio Grande (RS) e o porto de Tubarão (ES).

## **4.2 Logística de transporte**

Segundo Figueiredo et al. (2003), com a implicação de minimizar o custo total para determinado nível de serviço que se deseja prestar ao cliente, toda empresa deveria observar a otimização do fluxo de produtos.

Para Pozo (2002), a logística trata de todas atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informações que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviços adequados aos clientes a um custo razoável. A atividade logística deve ser vista por meio de duas grandes ações que são denominadas de primárias e de apoio. As atividades primárias são: transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos. As atividades de apoio são: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, suprimentos, planejamento e controle de produção e sistema de informação.

Caixeta Filho e Martins (2001) destacaram que atender aos requisitos dos mercados consumidores quanto a qualidade dos insumos e produtos, prazos de entrega, assistência técnica e inovações, tem feito com que a eficiência do sistema logístico torne-se uma condição básica para a competitividade de todos os setores da economia.

Segundo Dias (1993), os custos representam parte importante no processo de decisão na administração logística. Variam muito de indústria para indústria, à medida que as empresas tentam balancear os custos básicos de transporte e de manutenção de estoque, de tal maneira que disso resultem custos totais relativamente baixos.

Ballou (1993), por sua vez, relatou que a logística de transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na maior parte das empresas. O frete costuma absorver dois terços do gasto logístico.

Coppead (2006), destacou que a logística no Brasil, em 2004, absorveu 12,75% do produto interno bruto e o transporte 7,7%.

Segundo Figueiredo et al. (2003), a logística no Brasil em 2003, para as 500 maiores empresas industriais brasileiras, gastou cerca de R\$ 39 bilhões em suas operações logísticas, o que equivale, na média, a 7% do seu faturamento.

Ainda para Figueiredo et al. (2003), o transporte é o principal componente dos sistemas logísticos das empresas. Sua importância pode ser medida através de, pelo menos, três indicadores financeiros: custo, faturamento e lucro. O transporte representa, em média, 64% dos custos logísticos, 4,3% do faturamento e, em alguns casos, mais que o dobro do lucro. Além disso, o transporte tem um papel preponderante na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente o tempo de entrega, a confiabilidade, e a segurança dos produtos.

Gurgel (1996) relata que o custo do transporte pode assumir entre 3% até 8% da receita da empresa, mas a maior despesa ocorre quando o produto não chega ao cliente na hora certa e em boas condições. O enorme esforço de elevação da produtividade poderá ser comprometido pela ineficiência do transporte.

Figueiredo et al. (2003), por sua vez, enfatizaram que o Brasil vive uma situação peculiar no que diz respeito a seu sistema de transporte. Se, por um lado, verifica-se um enorme esforço de modernização por parte dos embarcadores e transportadores, por outro se convive com grandes deficiências na infra-estrutura e no aparato regulatório. Como consequência, observa-se enormes distorções na matriz de transporte brasileira, dominada por um modal rodoviário altamente deficiente e que contribui para o estabelecimento de substanciais barreiras ao aumento da eficiência e melhoria dos serviços oferecidos.

### **4.3 Multimodalidade**

Segundo Ballou (1993), há um grande interesse das empresas em integrar os serviços de mais de um modo de transporte. Serviços integrados são, geralmente, um compromisso entre os serviços oferecidos pelos transportadores, ou seja, custo e desempenho situam-se entre as características dos operadores participantes.

Para Dias (1993), peculiaridades de mercado são componentes formadores dos custos globais e, por isso, insuficientes para, individualmente, oferecerem um juízo isento e objetivo das vantagens desta ou daquela modalidade de transporte. O que ocorre, na verdade, é que a opção do usuário se faz por custos globais, que pode implicar, portanto, na união de vários modais.

Caixeta Filho e Martins (2001) destacaram que, antes do aparecimento da logística, o processo de escolha do modal era baseado em minimizar o custo das operações. Entretanto, variáveis como agilidade flexibilidade e nível de serviço são consideradas, atualmente, como variáveis relevantes na tomada de decisão para o transporte de carga.

Pozo (2002) destacou que o principal problema que um gerente de transportes pode encontrar é a seleção do operador que vai transportar as mercadorias da empresa. Se o serviço for integrado (dois ou mais modos de transporte), ele pode ser multimodal, que dispõe apenas de um operador logístico do início até o fim da rota de transporte, ou ele pode ser intermodal, que pode dispor de vários operadores logísticos. No que se refere a uma maior agilidade e menor burocracia, a multimodalidade mostra-se mais interessante.

Segundo Ballou (1993), existem dez combinações de serviço integrado: (1) ferro-rodoviário, (2) ferro-hidroviário, (3) ferro-aeroviário, (4) ferro-dutoviário, (5) rodo-aéreo, (6) rodo-hidroviário, (7) rodo-dutoviário, (8) hidro-dutoviário, (9) hidro-aéreo, (10) aero-dutoviário. Nem todas estas combinações mostram-se práticas, mas em algumas situações, dispor de um terceiro modal, o transporte pode tornar-se viável.

Para Caixeta Filho e Gameiro (2001), a multimodalidade tem uma importância muito grande para o desenvolvimento das nações, principalmente quando se pensa em rediscutir seus sistemas internos de transporte, com vista fundamentalmente em sua colocação no processo de globalização.

Bravin (2001) analisando o transporte multimodal na região da hidrovía Tietê-Paraná, adotou como ponto de partida, de uma rota multimodal, o município de Rio Verde (GO). A escolha deste não somente foi por estar em meio de um grande centro produtor de grãos, mas para possibilitar a análise de multimodalidade em um local que representa, hoje, um pólo regional de desenvolvimento econômico-social, baseado na atividade agrícola, principalmente o cultivo da soja.

No modelo logístico de análise de transporte apresentado por Bravin (2001), foi utilizado um modelo multimodal, composto por rodovia, hidrovia e ferrovia (rodo-hidro-ferroviário). Embarcou-se 2400 toneladas de soja, que seguiram em caminhões de Rio Verde (GO) até o terminal de São Simão (GO), num total de 165 km. A partir daí, o transporte por hidrovia, percorrendo uma distância total de 650 km, até Pederneiras(SP).

Este percurso, descrito acima, também passa pelo canal de Pereira Barreto (SP) e segue pelas barragens de Nova Avanhandava (SP), Promissão (SP), Ibitinga (SP) e Bariri (SP) para finalizar a rota hidroviária no terminal intermodal de Pederneiras (SP), onde é realizado o transbordo para vagões ferroviários graneleiros, os quais percorrem mais 490 km até Santos, o seu destino final. O valor total do deslocamento foi de 19,00 US\$ t<sup>-1</sup>.

Em outro modelo, também apresentado por Bravin (2001), a soja foi transportada em caminhões graneleiros de Rio Verde (GO) diretamente à Santos (SP), num total de 959 km. O valor total do deslocamento foi de 25,77 US\$ t<sup>-1</sup>.

A abordagem dos aspectos econômicos dos dois modelos mencionados anteriormente, podem apresentar interfaces relevantes, para que o estudo deste trabalho, se torne mais completo e abrangente.

## **4.4 Modais de transporte**

### **4.4.1 Transporte rodoviário**

De acordo com Bravin (2001), o transporte rodoviário é de insuperável eficiência para o movimento de pouco volume de cargas em curtas distâncias.

Segundo Pozo (2002), o transporte rodoviário é para serviços de rotas curtas de produtos acabados ou semi-acabados, e oferece entregas razoavelmente mais rápidas e confiáveis de cargas parceladas, assim sendo, o sistema fica mais competitivo no mercado de pequenas cargas.

Para Caixeta Filho e Gameiro (2001), o transporte rodoviário por caminhão possui capacidade de se ajustar mais facilmente às variações da demanda. Empresas individuais podem entrar ou sair da atividade em uma região, ajustando o seu investimento às

exigências do mercado consumidor. Este aspecto torna o custo fixo, por unidade transportada por rodovia, razoavelmente estável com respeito ao volume de carga.

Valente et al. (2003) relataram em seu trabalho que o transporte rodoviário de cargas no Brasil tem uma estrutura respeitável e é responsável pelo escoamento, que vai desde safras inteiras agrícolas até simples encomendas.

Dias (1993) descreve que as rodovias respondem, atualmente, pelo transporte de 70% a 80% das cargas movimentadas no Brasil, e sem entrar no mérito dos erros e acertos da política brasileira de transporte, essa realidade não se modificará sensivelmente em termos globais nas próximas décadas.

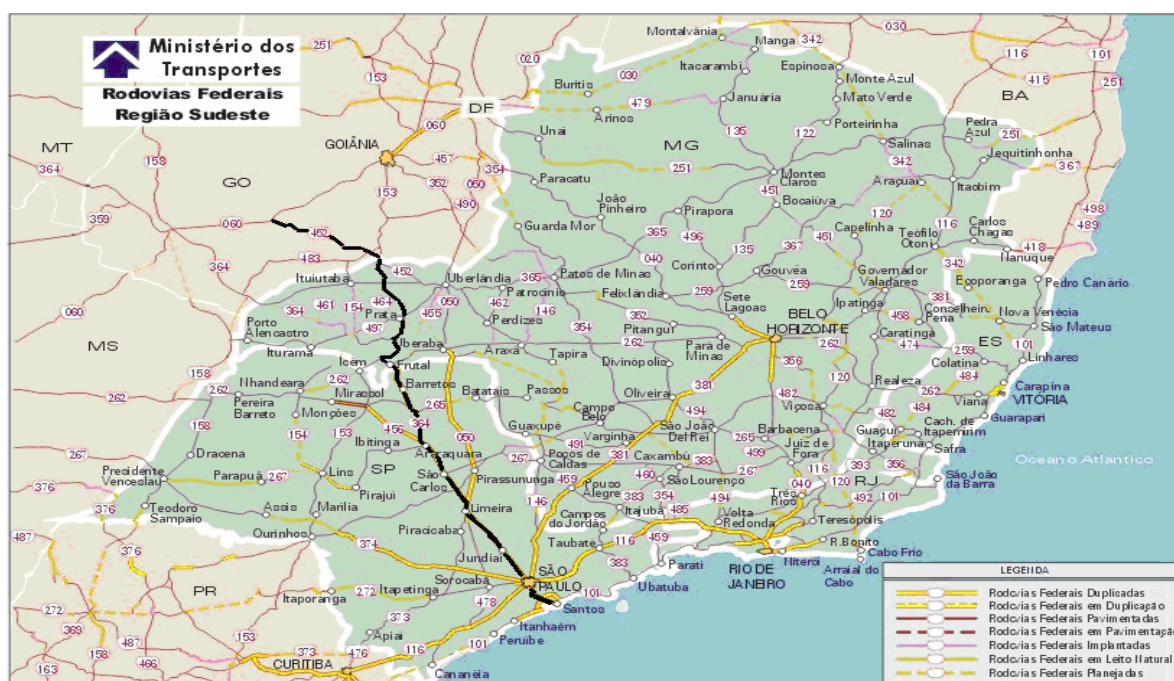
Bravin (2001) relata que a malha rodoviária do estado de Goiás é composta por 4.315 km de rodovias federais e 18.223 km de rodovias estaduais. A malha rodoviária do estado de Minas Gerais é composta por 13.026 km de rodovias federais e 14.270 km de rodovias estaduais. A malha rodoviária do estado de São Paulo é composta por 1.460 km de rodovias federais, 16.970 km de rodovias estaduais e mostra-se de grande relevância para o escoamento da produção agrícola.

Segundo a Prefeitura Municipal de Rio Verde (2006), as rodovias federais que escoam a soja do município de Rio Verde (GO) até o município de São Simão (GO), com 165 km de distância são: A BR 060 que passa por Rio Verde (GO) e vai até o município de Jataí (GO). Em Jataí (GO) encaminha-se até São Simão pela BR 364, (Figura 2).

Ainda pela Prefeitura Municipal de Rio Verde (2006), as rodovias federais que escoam a soja do município de Rio Verde (GO) até Santos (SP), com 959 km de distância são: a BR 452 que começa em Rio Verde (GO) e vai até o estado de Minas Gerais. A partir da divisa, começa a BR 153 que termina na divisa com o estado de São Paulo. No estado de São Paulo, transforma-se na BR 364 que termina no município de Limeira (SP). Em Limeira (SP) transforma-se na BR 050 que termina no município de Santos (SP), (Figura 3).



**Figura 2.** Escoamento da soja, por rodovia, do município de Rio Verde (GO) até o terminal de São Simão (GO). Fonte: Brasil (2006b)



**Figura 3.** Escoamento da soja, por rodovia, do município de Rio Verde (GO) até o porto de Santos (SP). Fonte: Brasil (2006b)

#### 4.4.2 Transporte hidroviário

Segundo Bravin (2001), as características intrínsecas do transporte hidroviário são: baixo custo da tonelada transportada por unidade de distância e grande capacidade de carga das embarcações, deslocando-se com velocidade reduzida, permitindo que esse sistema seja indicado para determinados tipos de produtos, que possam ser movimentados em condições especiais. Por essas razões é que se observa, em todas as estatísticas, a predominância de seu uso para determinadas cargas como: os granéis sólidos, líquidos, além dos produtos gasosos.

De acordo com Bravin (2001), são transportáveis por uma via navegável, produtos que apresentam as seguintes características:

- baixo custo por unidade de massa;
- volumes apreciáveis;
- grandes distâncias de transportes percorridas;
- adaptação em termos de custos às baixas velocidades;
- grande volume por unidade de massa;
- comercialização estável.

Apesar de ser o transporte hidroviário predominante para as cargas citadas, a vantagem econômica que ela apresenta, faz com que, hoje, produtos que pelos seus valores intrínsecos compensam elevado custo de frete como carnes, autopeças e eletrônicos, estejam sendo transportadas em barcaças, aproveitando as vantagens oferecidas.

Para Pozo (2002), a disponibilidade e confiabilidade do transporte hidroviário são fortemente influenciadas pelas condições meteorológicas nos Estados Unidos.

Caixeta Filho e Gameiro (2001) destacam que o transporte hidroviário é caracterizado pela movimentação de cargas volumosas de baixo valor agregado, a baixas velocidades, sendo o mais indicado para movimentações em longas distâncias e apresentando o menor consumo de combustível (em condições semelhantes de carga e de distância, um conjunto de barcaças consome menos da metade do combustível requerido por um comboio ferroviário).



Ballou (1993) descreve que, nas hidrovias americanas, o transporte hidroviário opera principalmente com granéis. Carvão, minérios, coque, cascalho, areia, petróleo, ferro e aço semiprocessado, grãos e cimento compõem mais de 90% do tráfego nas hidrovias. Todos estes produtos são de baixo valor específico e não perecíveis, de maneira que seus custos de estoque não são excessivos e, portanto, utilizam serviço lento e sazonal em troca de fretes baixos.

Segundo São Paulo (2006), o sistema hidroviário Tietê-Paraná possui 2.400 quilômetros de vias navegáveis de Piracicaba e Conchas (ambos em São Paulo) até Goiás e Minas Gerais (ao norte) e Mato Grosso do Sul, Paraná e Paraguai (ao sul). Liga cinco dos maiores estados produtores de soja do País e é considerada a Hidrovia do Mercosul.

Ainda para São Paulo (2006), em seu trecho paulista, a Hidrovia Tietê-Paraná possui 800 quilômetros de vias navegáveis, dez reservatórios, dez barragens, 23 pontes, 19 estaleiros e 30 terminais intermodais de cargas. Sua infra-estrutura, administrada pelo Departamento Hidroviário - DH transformou o modal em uma alternativa econômica para o transporte de cargas, além de propiciar o reordenamento da matriz de transportes da região centro-oeste do Estado e impulsionar o desenvolvimento regional de cidades como Barra Bonita e Pederneiras.

De acordo com Brasil (2006c), a hidrovia que escoar a soja atualmente do sul de Goiás até o município de Pederneiras (SP) é a hidrovia Tietê-Paraná. São 650 km de distância. Ela inicia-se no terminal de São Simão (GO) no Rio Paranaíba, entra no Rio Paraná, passa pelo canal de Pereira Barreto próximo ao município de Pereira Barreto (SP) e ao município de Ilha Solteira (SP). Do canal artificial de Pereira Barreto, a hidrovia cruza com o Rio Tietê e a partir daí sobe a hidrovia, próximo a Barragem hidrelétrica de Três Irmãos passando por várias Usinas Hidrelétricas (Nova Avanhandava-SP, Promissão-SP, Ibitinga-SP e Bariri-SP) até chegar em Pederneiras (SP), (Figura 4).



**Figura 4.** Escoamento da soja, por hidrovia, do município de São Simão (GO) até o terminal de Pederneiras (SP). Fonte: Brasil (2006c).

#### 4.4.3 Transporte ferroviário

Segundo Caixeta Filho e Martins (2001), as ferrovias desempenharam importante contribuição ao desenvolvimento econômico das nações no século XIX. Na verdade, seu sucesso deve-se ao fato de ter preenchido a lacuna deixada pelo transporte hidroviário, que não conseguia movimentar cargas pesadas a grandes distâncias e apresentava dificuldades em suplantar barreiras naturais, o que fazia com que nem sempre atingisse localidades desejáveis.

Mello (2006) relatou que quase metade da malha ferroviária do País - 14.500 quilômetros - concentra-se em três estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Operam predominantemente no transporte de cargas. O transporte de passageiros, em longos percursos em ferrovias, praticamente inexistente no Brasil. As linhas de passageiros limitam-se aos subúrbios dos grandes centros urbanos.

Segundo Mello (2006), a maior parte dos trens é movida a diesel e apenas 1.916 quilômetros de linhas são eletrificadas. Dos mais de 30 mil quilômetros de ferrovias brasileiras, 24.700 foram construídos em bitola de 1,00 metro. Para os restantes 5.290 quilômetros predomina a bitola de 1,60 metro. Essa diferença não impede, mas dificulta o tráfego integrado entre os diferentes trechos ferroviários.

Ainda para Mello (2006), no conjunto do transporte no País, é significativa a quantidade de carga transportada pelas ferrovias. Em 1994, elas transportaram 256,368 milhões de toneladas. As ferrovias da Companhia Vale do Rio Doce foram responsáveis por pouco mais da metade deste total. A principal mercadoria transportada é o minério de ferro - 150 milhões de toneladas -, seguida por derivados de petróleo, grãos e produtos siderúrgicos.

Para Pozo (2002), o transporte ferroviário é lento, de matérias primas ou manufaturados, porém, são caracterizados pela movimentação de cargas com baixo valor agregado e alto peso específico para grandes distâncias.

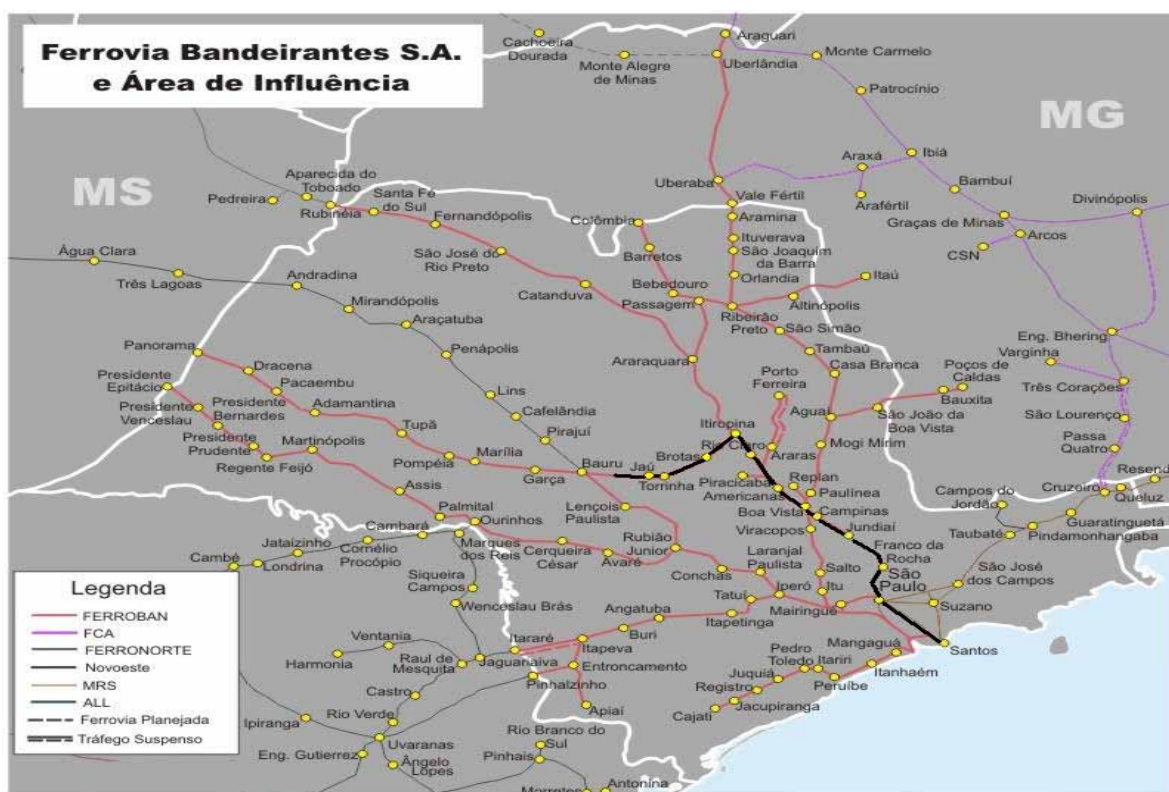
Caixeta Filho e Gameiro (2001) descrevem em seu livro que o transporte ferroviário, com suas características de custos fixos altos e custos variáveis relativamente baixos, se eficientemente operado, pode observar custos unitários reduzidos para movimentações que envolvam grandes quantidades de carga.

Ballou (1993) destaca que o transporte ferroviário com fretes mais baratos, concentra-se nas cargas de relação valor-massa ou valor-volume mais baixas. Produtos químicos, siderúrgicos e plásticos são exemplos de cargas comumente encontradas nos Estados Unidos.

Brasil (2006d) apontou que a empresa ferroviária hoje existente no estado de São Paulo, para escoar a soja de Pederneiras (SP) até Santos (SP) é composta pela MRS Logística (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo Logística) e ALL logística (América Latina Logística).

De acordo com Dalcol (2006), que gerencia as operações de transbordo de *commodities* no terminal de Pederneiras (SP), o transporte ferroviário da soja de Pederneiras (SP) até Santos (SP) é operado no trecho todo com sistema bitola larga (1,60 m), que sai de Pederneiras (SP) e encaminha-se pela linha ferroviária pertencente a ALL –

América Latina Logística - por Campinas (SP) até chegar em Jundiá (SP). A partir daí, a linha que é exclusiva da MRS logística, passa por São Paulo (SP), pela estação da luz, finalizando a rota dentro do corredor de exportação para descarga no Porto de Santos (SP), (Figura 5).



**Figura 5.** Escoamento da soja, por ferrovia, do município de Pederneiras (SP) até o porto de Santos (SP). Fonte: Brasil (2006d).

#### 4.5 Sobre o transbordo da soja

Segundo Gurgel (1996), tempo de fila, tempo de pesagem, tempo de conferência, tempo de emissão de documentos tempo de amarração tempo de colocação das lonas de proteção e tempo de liberação. Esses fatores assumem importância fundamental na movimentação de cargas de um sistema de fluxo de carga e descarga.

Para Dias (1993), a velocidade do equipamento tem a sua importância, pois deve adaptar-se ao volume de expedição e recebimento; a possibilidade de variação de

velocidade em equipamentos automáticos ou semi-automáticos torna-se altamente desejável, para compensar a inexperiência dos operários, o alto índice eventual de perda e até mesmo a ausência ocasional de pessoal.

Dias (1993) descreve, quanto a carga e descarga, que o método de avaliação varia de acordo com o equipamento; são selecionados na base do peso por unidade de comprimento ou densidade do material a granel, dimensão das partículas e ângulo de repouso.

Ainda segundo Dias (1993), a classificação normalmente adotada para os equipamentos de movimentação e transporte situa-os em grupos bastante amplos, de acordo com uma generalização geométrica e funcional.

Segundo Copabo (2006), as Correias transportadoras e elevadoras são encontradas em diversos segmentos de transporte de produto movimentando desde grão de soja e açúcar até fertilizantes e minério de ferro, sendo que para cada tipo de produto é disponibilizado um tipo de cobertura específica, aumentando a performance da correia. São fabricadas utilizando matérias primas selecionadas seguindo padrões internacionais de segurança e qualidade.

Para Uberzem (2006), uma forma de dinamizar a descarga é equipar-se de tombadores hidráulicos que operam desde pequenos caminhões até bitrens. Nos tombadores o veículo é levantado a uma posição de 40 graus para que o produto seja basculado. É um equipamento essencial na descarga, pois além de diminuir o uso da mão-de-obra torna a descarga muito rápida.

Takahashi (2006) relata que os sugadores pneumáticos (total de três) do terminal intermodal de Pederneiras (SP) são de grande importância na descarga das barcaças hidroviárias que chegam carregadas de soja de São Simão (GO). Ele comenta que é uma forma de dinamizar a descarga, visto que, o volume de carga a ser transferido aos vagões ferroviários no transbordo é alto.

#### 4.6 Análise energética do transporte

Segundo Moreira et al. (2005), a energia é um dos insumos necessários ao desenvolvimento econômico. Ao lado das matérias-primas e da mão-de-obra, a energia permite a transformação dos materiais e a produção dos bens e serviços que asseguram a subsistência e conforto dos seres humanos.

Ainda segundo Moreira et al. (2005), no passado, a principal fonte de energia era o trabalho humano. O trabalho dos animais complementou essa fonte de energia, permitindo o desenvolvimento de uma agricultura mais eficiente. As quantidades de energia envolvidas nesse período, bastante limitadas, só aumentaram com o desenvolvimento das cidades, da manufatura, do comércio e do transporte de novos produtos. Ainda assim, o consumo de energia *per capita* foi muito pequeno até o século XIX, quando a revolução industrial permitiu a utilização de máquinas e equipamentos em grande escala na produção e no transporte.

Comitre (1993) enfatiza que a análise energética colocada em termos de balanço tem sido objeto de estudo de pesquisadores no desenvolvimento de metodologias destinadas a contabilizar as energias produzidas (*outputs*) e as consumidas (*inputs*) em um determinado sistema de produção. Os fluxos energéticos inerentes a qualquer sistema expressam unidades calóricas por unidade de tempo, de massa, ou de área, traduzindo em análise de eficácia produtiva dos *inputs* calóricos daquele sistema. Esses são elementos fundamentais no cálculo da eficiência energética, representada por um índice que indica quantas unidades de energia são produzidas para cada unidade investida no processo produtivo.

Para Comitre (1993), a necessidade básica do método é traduzir em unidades energéticas ou equivalentes energéticos os recursos produtivos e consumos intermediários que tornem viáveis a construção de indicadores, comparáveis entre si, e que, a partir de um quadro teórico, permitam intervir no sistema, visando melhorar a sua eficiência. A conversão dessas entradas e saídas em um equivalente energético, seja em joule ou caloria, permite o cálculo de eficiência energética do sistema de produção.

Ainda segundo Comitre (1993), o marco referencial teórico para o entendimento dos fluxos energéticos contidos nos diferentes processos produtivos são aqueles

que consideram o fluxo externo ao sistema de produção. Constitui-se de dois tipos básicos (energia direta e indireta). A energia direta é a soma de todas as quantidades calóricas provenientes de fontes energéticas na forma em que se apresentam, ou seja, entra diretamente na produção constituindo-se em energia intrínseca. É o caso dos combustíveis fósseis e daqueles provenientes da biomassa (biológica e elétrica). A indireta é empregada na fabricação, transporte e armazenagem de bens e serviços que são empregados na produção de novas mercadorias, ou seja, são energias consumidas no processo produtivo e distributivo de bens e serviços empregados na produção. É a energia embutida nas máquinas, implementos, insumos e construções, já que para atingirem a forma em que entram na produção, demandaram quantidades calóricas de trabalho humano, matéria-prima, combustível, transporte, etc.

Moreira et al. (2005) relata que a energia injetada no sistema estudado foi subdividida em energia direta e energia indireta. Definiu-se como energia direta os combustíveis e insumos que tiveram o uso direto do petróleo. Também foi considerado como energia direta, a energia de origem biológica, como a mão-de-obra. Como energia indireta, foi definida a energia empregada na fabricação das máquinas e equipamentos.

Segundo Campos (2001), a forma de classificação da energia mais utilizada tem sido a divisão em energia direta e energia indireta. Na energia direta se enquadrariam os combustíveis fósseis, eletricidade e mão de obra diretamente consumidos. Na energia indireta se enquadrariam a energia consumida na indústria para as manufaturas das máquinas e equipamentos.

Romero (2005) traz em seu trabalho o transporte interno da produção de algodão em sistemas agrícolas familiares. Nesta operação, destacou-se a utilização de óleo diesel. Os dispêndios relativos à energia biológica proveniente do trabalho humano, pouco contribuíram com 2,50 MJ. A operação de transporte interno da produção apresentou desproporcionalidade considerável entre as energias de tipo direta e indireta. A fonte fóssil constituída, principalmente, pela participação de óleo diesel, revelou-se relativamente alta.

#### **4.6.1 Energia do tipo direta de fonte fóssil sob a forma de combustíveis e lubrificantes**

Segundo Comitre (1993), sobre o óleo diesel, óleo lubrificante e graxa, os valores adotados em seu trabalho foram aqueles que correspondem ao seu valor intrínseco, sem computar os gastos com a extração e refino do petróleo. Adotaram-se os valores de 9,21 Mcal.L<sup>-1</sup> para óleo diesel, 8,59 Mcal.L<sup>-1</sup> para lubrificante e 9,33 Mcal.kg<sup>-1</sup> para graxas.

Para Campos (2001), sobre combustíveis e lubrificantes, na contabilização energética dos combustíveis e lubrificantes há um custo energético para seus processamentos. Para a obtenção dos produtos derivados do petróleo é consumido 1,14 vezes seu poder calorífico. Os derivados de petróleo utilizados no trabalho de Campos (2001), foram; óleo diesel, óleo lubrificante e graxa que apresentam poderes caloríficos de 38.535 kJ.L<sup>-1</sup>, 38.516 kJ.L<sup>-1</sup> e 43.179 kJ.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Considerando o “input” energético para o processamento, os coeficientes energéticos dos produtos anteriormente citados, na mesma ordem, serão de: 43.930 kJ.L<sup>-1</sup>, 43.908 kJ.L<sup>-1</sup> e 49.224 kJ.kg<sup>-1</sup>.

A metodologia utilizada por Bueno (2002), para calcular o dispêndio de energia direta de combustível, óleo lubrificante e graxa, utilizou-se 14% como fator de acréscimo insumo-produção para o poder calorífico, obtendo coeficientes energéticos de 43,71 MJ.L<sup>-1</sup> para o diesel, 39,43 MJ.L<sup>-1</sup> para óleo lubrificante e 43,37 MJ.kg<sup>-1</sup> para a graxa.

Segundo Romero (2005), para a determinação do consumo específico de óleo diesel, lubrificante e graxa, utilizou-se os seguintes valores como poder calórico do óleo diesel o valor de 9.763,87 kcal.L<sup>-1</sup>, óleos lubrificantes 9.016,92 kcal.L<sup>-1</sup> e graxa 10.361,52 kcal.kg<sup>-1</sup>.

Pimentel, citado por Moreira et al. (2005), levou em conta no seu trabalho, para combustíveis e lubrificantes, o consumo de energia para o seu processamento. O óleo diesel foi de 43,93 MJ.L<sup>-1</sup>; lubrificante de 43,91 MJ.L<sup>-1</sup>; graxa 49,22 MJ.kg<sup>-1</sup>; e gasolina de 34,05 MJ.L<sup>-1</sup>. Para o cálculo do consumo de óleo lubrificante, foi considerado 1,5% do consumo de diesel e, para a graxa, 33% do consumo de lubrificante. No caso do óleo dois-tempos, lubrificantes das motosserras, considerou-se com a mesma energia do lubrificante comum, com um consumo de 3,3% do consumo da gasolina. Multiplicando o poder calorífico



do combustível utilizado pelo consumo específico da máquina, na operação realizada, obteve-se o total de energia dos combustíveis, em MJ.ha<sup>-1</sup>, dado pela Equação 1:

$$TEc = \sum (PC.C) \quad (1)$$

Onde:

TEc = total de energia embutida no combustível (MJ.ha<sup>-1</sup>);

PC = poder calorífico do combustível (MJ.kg<sup>-1</sup>);

C = quantidade de combustível (kg.ha<sup>-1</sup>).

#### 4.6.2 Energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão-de-obra

Segundo Comitê (1993), sobre a energia da mão de obra, em seu trabalho, foi adotado o valor de 292,50 kcal.h<sup>-1</sup> ou 2,34 Mcal.dia<sup>-1</sup>, como sendo aquele consumido pelo trabalhador de área rural não metropolitana do estado de São Paulo. A escolha desse coeficiente, que representa mais de perto as condições alimentares do trabalhador rural paulista, prende-se às dificuldades de se obter dados de atividades físicas específicas e as correspondentes necessidades energéticas.

Para Campos (2001), uma consideração inicial é a seguinte questão: seria lógico buscar uma conversão do trabalho humano para unidades de energia? Vários pesquisadores consideram ser muito teórico atribuir valores de energia ao trabalho (e ao ser humano), não justificando atentar a isto nas análises.

Dentre os trabalhos consultados na literatura, que fornecem dados relativos ao consumo instantâneo de energia (utilização direta de energia), para serviços braçais, abrangendo dados mais generalizados, ou seja, para diferentes atividades, destaca-se o de Giampietro e Pimentel, citados por Campos (2001). Uma vez que na produção de feno estudada, somente está envolvida mão-de-obra masculina, e o índice se reduz a 90 W, ou seja, 324,00 kJ.h<sup>-1</sup>.

Campos (2001) compara o valor médio apresentado no trabalho de Carvalho et al. (1974), que em seus estudos, para o cálculo do dispêndio calórico dos vários tipos de trabalhadores, utilizou um equipamento considerado de boa precisão, o respirômetro. Portanto, optou-se, como padrão, para todas atividades envolvendo mão-de-obra, o valor de 386,40 kJ.h<sup>-1</sup>.

Segundo Bueno (2002), a metodologia utilizada no seu trabalho para o cálculo do dispêndio de energia direta de mão-de-obra seguiu Carvalho et al. (1974), na qual a necessidade calórica final diária é o somatório da divisão em três períodos, ou frações, segundo o modo de ocupação em números de horas: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais (entendida, segundo Bramsel, citado em Carvalho et al. (1974), por refeições, higiene, deslocamentos, distrações, etc.).

Segundo Moreira et al. (2005), a energia específica consumida pelo trabalhador rural e por tratoristas foi de 0,39 MJ.h<sup>-1</sup> citado por Carvalho et al. (1974). Assim, multiplicando-se a energia específica pelo tempo de trabalho, obteve-se o consumo total de energia, sendo definida pela Equação 2:

$$TEmo = \sum (EE.T) \quad (2)$$

Onde:

Temo = consumo total de energia para mão-de-obra (MJ.ha<sup>-1</sup>);

EE = energia específica (MJ.h<sup>-1</sup>);

T = tempo despedido no trabalho (h.ha<sup>-1</sup>).

Segundo Romero (2005), no que diz respeito ao cálculo de energia investida pelos agricultores nas diferentes operações do itinerário técnico, seguiu-se a metodologia proposta por Carvalho et al. (1974), descritas em Bueno (2002) com adaptações necessárias. Assim sendo, discriminou-se a mão-de-obra envolvida através de anotações individuais, em questionários específicos e informações orais, que detalham dados acerca do gênero, massa, altura e idade de cada um dos agricultores e/ou trabalhadores, relacionado-os a cada operação realizada. Seguindo a metodologia do Carvalho et al. (1974), procedeu-se a

determinação do GER (Gasto Energético no Repouso) de cada agricultor, através das Equações 3 e 4. As equações determinam o gasto energético no repouso em kcal, e o dispêndio calórico final diário é apresentado em MJ.

Para o gênero masculino

$$GER = 66,5 + 13,75P + 5,0A - 6,78I \quad (3)$$

Para o gênero feminino

$$GER = 665 + 9,56P + 1,85A - 4,68I \quad (4)$$

Onde:

P = massa (kg);

A = altura (cm);

I = idade (anos completos).

A necessidade calórica final diária é o somatório da divisão em três períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas para: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais, entendida por refeições, higiene, deslocamentos, distrações, etc. Assim sendo, calculou-se a fração X/6 do GER, mantendo-se inalteradas as frações correspondentes ao tempo de sono (2/6 do GER 24h) e ocupações não profissionais (3/6 do GER 24h). O período de 24 horas, então, é primeiramente dividido igualmente em três.

Segundo Bueno (2002), o consumo calórico e os gastos energéticos variam, não apenas dentro do próprio grupo de trabalhadores de uma mesma atividade, mas também em função de culturas e localidades diferentes. Na região de dois portos, em Portugal, o Instituto de Fisiologia do trabalho, classificou e levou a composição de uma tipologia das atividades profissionais, tendo por fundamento o metabolismo basal (MB).

### 4.6.3 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de máquinas e equipamentos

Segundo Comitre (1993), a energia indireta das máquinas pode ser expressa pela Equação 5:

$$DP = (a + b + c + d) \cdot VU^{-1} \quad (5)$$

Onde:

DP = depreciação energética;

a = massa das máquinas e equipamentos . coeficientes energéticos correspondentes;

b = 5% de “a”;

c = número de pneus . massa dos pneus . coeficiente energético de referência;

d = 12% de (a + b + c);

VU = vida útil (h).

Campos (2001) relata que para o cálculo de depreciação da energia indireta em máquinas e equipamentos, em seu trabalho, utilizou-se da metodologia que consiste na aplicação de um método baseado na depreciação energética (Equação 5). Da mesma forma que uma depreciação econômica e com base na massa das máquinas, consiste em depreciá-los durante sua vida útil. Os coeficientes adotados foram: equipamentos autopropulsionados,  $69,83 \text{ MJ.kg}^{-1}$  e para outros equipamentos  $57,20 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

Para o cálculo de depreciação da energia indireta de máquinas e equipamentos, Bueno (2002), utilizou na metodologia de seu trabalho, a Equação 5.

Para Moreira et al. (2005), o cálculo de energia indireta embutida nas máquinas e implementos foi baseado na massa dos equipamentos e fundamentados no conceito de valor adicionado. Sendo o cálculo realizado pela depreciação energética, segundo

os dias de utilização e em função da vida útil dos equipamentos. Na determinação do consumo energético dos equipamentos foram adotados os seguintes coeficientes, 69,83 MJ.ha<sup>-1</sup> para os tratores e motosserras e, 57,20 MJ.ha<sup>-1</sup> para implementos. Equação 6:

$$TE_{ma} = [(CE.P)VU^{-1}]C \quad (6)$$

Onde:

TE<sub>ma</sub> = total de energia indireta da máquina ou implementos (MJ.ha<sup>-1</sup>);

CE = coeficiente energético (MJ.kg<sup>-1</sup>);

P = peso da máquina (kg);

C = horas trabalhadas (h.ha<sup>-1</sup>);

VU = vida útil (h).

Segundo Romero (2005), a equação determinante e os coeficientes calóricos para o cálculo da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados pelos autores Comitre (1993) e Bueno (2002). Porém, considerou que óleos lubrificantes e graxas como são itens relativos à manutenção, sempre que possível substitui-se o percentual de 12% de manutenção por valores coletados no campo. Não sendo possível essa obtenção, utilizou-se dados disponíveis na literatura. Dessa forma, a Equação 5 da depreciação energética foi utilizada como referência em seu trabalho.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

Tendo em vista a ausência de pesquisas voltadas para análise energética na fase de escoamentos de grãos de soja, especificamente através de rotas de exportação, a obtenção dos equivalentes energéticos, em sua maioria, baseou-se na coleta de dados junto às empresas e instituições envolvidas no transporte da soja considerando os diferentes modais (rodo, hidro e ferroviário) de Rio Verde (GO) até Santos (SP). Foram coletadas informações sobre logística, multimodalidade de transporte e análise energética.

O estudo iniciou-se com a delimitação das rotas, modais e equipamentos envolvidos no transporte e movimentação de grãos, seguido pela definição dos fatores físicos envolvidos no trajeto e, logo após, a obtenção dos coeficientes energéticos.

Para todas as rotas e modais estudados, adotou-se um “fator de equivalência de carga”, deixando cada modalidade de transporte em condições semelhantes de carga transportada.

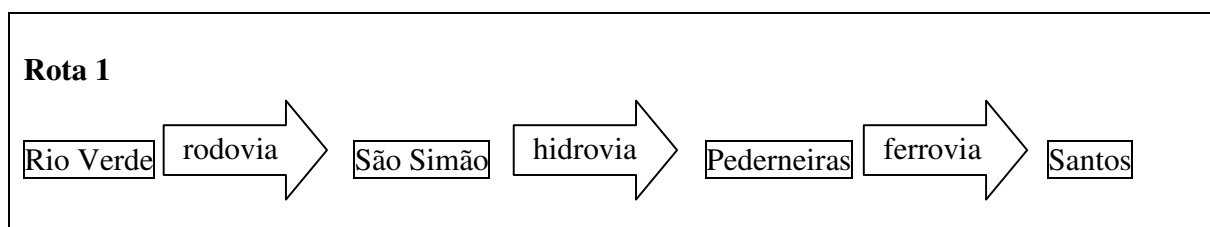
### **5.1 Delimitação das rotas e modais de transporte**

#### **5.1.1 Rota multimodal (rota 1)**

Analisando o transporte multimodal na região da hidrovia Tietê-Paraná, adotou-se como ponto de partida, de uma rota multimodal, o município de Rio Verde (GO). A escolha deste foi para possibilitar a análise de multimodalidade em um local que representa, hoje, um pólo regional de desenvolvimento econômico-social, baseado na atividade agrícola, principalmente o cultivo da soja.

No modelo logístico de análise de transporte foi utilizado o multimodal, composto por rodovia, hidrovia e ferrovia (rodo-hidro-ferroviário). Embarcou-se 5.640 toneladas de soja, que seguiram em bitrens de Rio Verde (GO) até o terminal de São Simão (GO), num total de 165 km. A partir daí, o transporte por hidrovia, percorrendo uma distância total de 650 km, até Pederneiras (SP).

Este percurso também passa pelo canal de Pereira Barreto (SP) e segue pelas barragens de Nova Avanhandava (SP), Promissão (SP), Ibitinga (SP) e Bariri (SP), finalizando a rota hidroviária no terminal intermodal de Pederneiras (SP). Neste ponto é realizado o transbordo para vagões ferroviários graneleiros, os quais percorrem mais 560 km até Santos (Figura 6).



**Figura 6.** Fluxograma do escoamento multimodal da soja, de Rio Verde (GO), passando por São Simão (GO), Pederneiras (SP) até o porto de Santos (SP).

#### a) Modal rodoviário

O transporte de Rio Verde (GO) à São Simão (GO) foi feito por modal rodoviário com uma distância de 165 km (BRAVIN, 2001).

Foi utilizado como padrão de transporte o bitrem graneleiro tracionado por um cavalo mecânico, com tara de 9,5 t, e dois semi-reboques, com tara de 10,7 t (Figura 7). A vida útil do veículo é de 10 anos com um consumo médio de 2,53 km L<sup>-1</sup> de

óleo diesel. Utiliza 26 pneus e 2 pneus reservas com massa aproximada de 58 kg por pneu. Tem capacidade para transportar 38,5 t de carga líquida (SCANIA, 2006; GRUPO HUBNER, 2006; GOODYEAR, 2006; PAVAN, 2005).



Figura 7. Semi-reboques graneleiros para o transporte de soja por rodovia. Fonte: (GRUPO HUBNER, 2006).

O tempo aproximado do transporte é de 2 h 20 min (BRAVIN, 2001), e o “fator de equivalência de carga” é de 146,5, isto é, são necessários 146,5 veículos para que seja atingida a carga de referência estipulada neste trabalho.

O transbordo para as barcaças, no terminal hidroviário de São Simão (GO), Figura 8, tem um fluxo operacional de 500 t h<sup>-1</sup> (DALCOL, 2006).

Foi utilizado dois tombadores hidráulicos, com 32 t de massa cada, vida útil de 10 anos e dotados de um motor elétrico de 50 HP. Para o transporte horizontal foi utilizado uma correia transportadora com 20 t de massa, vida útil de 10 anos e com motor elétrico de 75 HP (SAUR, 2006; DALCOL, 2006; TECNOMOAGEIRA, 2006; COPABO, 2006).





**Figura 8.** Terminal hidroviário de São Simão (GO). Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SIMÃO, 2006).

### **b) Modal hidroviário**

O transporte feito por hidrovia percorre uma distância de 650 km (BRAVIN, 2001). Foi utilizado um empurrador medindo 17 m de comprimento, boca de 7 m, pontal de 2,5 m, calado de 1,7 m, potência total de 900 HP, massa de 100 t e vida útil de 30 anos. Completaram o comboio quatro barcaças com 60 m de comprimento, 11 m de boca, 3 m de pontal, 2,9 m de calado, massa de 1.200 t (300 t cada chata) e vida útil de 30 anos (Figura 9). A capacidade total é de 5.640 t de carga líquida (1.410 t por chata) e o consumo médio de óleo diesel do comboio hidroviário é de  $0,18 \text{ L.HP}^{-1}.\text{h}^{-1}$  (BRAVIN, 2001; TAKAHASHI, 2006).

Ao longo da hidrovia, há 12 transposições por eclusas (Nova Avanhandava - SP, Promissão - SP, Ibitinga - SP e Bariri - SP), feita por um operador por eclusa. Cada eclusa possui dois portões hidráulicos, um a montante tipo esporão (duas folhas) com dois motores elétricos de 15 HP cada um, 115 t de massa total, composto de material aço carbono, vida útil de 30 anos e tempo de operação de 3 minutos. Outro portão, a jusante, é do tipo vagão (uma folha) com um motor elétrico de 75 HP, 115 t de massa total, composto de

material aço carbono, vida útil de 30 anos e tempo de operação de 3 minutos (AES TIETÊ, 2006).



**Figura 9.** Comboio hidroviário graneleiro, transportando a soja por hidrovias até Pederneiras (SP). Fonte: (ÁBILE, 2006)

O tempo aproximado total de viagem, de São Simão (GO) à Pederneiras (SP), é de 96 horas (TAKAHASHI, 2006).

O “fator de equivalência” de carga é de 1,0 (carga de referência).

No terminal hidroviário de Pederneiras (SP), Figura 10, o transbordo do comboio fluvial para o comboio ferroviário, tem um fluxo operacional de  $450 \text{ t.h}^{-1}$  (DALCOL, 2006). Foi feito por três sugadores pneumáticos de massa 100 kg cada um, vida útil de 10 anos, dotados de motores elétricos de 360 HP cada um; uma correia transportadora de massa 20 t, vida útil de 10 anos e um motor elétrico de 75 HP (DALCOL, 2006).

### c) Modal ferroviário

O transporte de Pederneiras (SP) até Santos (SP), feito por ferrovia, percorre 560 km de distância (DALCOL, 2006).

Foi realizado por quatro locomotivas com consumo médio de óleo diesel de  $7 \text{ L.km}^{-1}$ . O comboio ferroviário se completa com 50 vagões graneleiros (Figura 11), com capacidade total de 3.500 t (70 t por vagão), uma tara de 1.500 t e vida útil de 30 anos (DALCOL, 2006; COLENCI, 2006).

O “fator de equivalência” de carga obtido foi de 1,61.



**Figura 10.** Terminal hidroviário de Pederneiras (GO). Fonte: (BRASIL, 2006e)



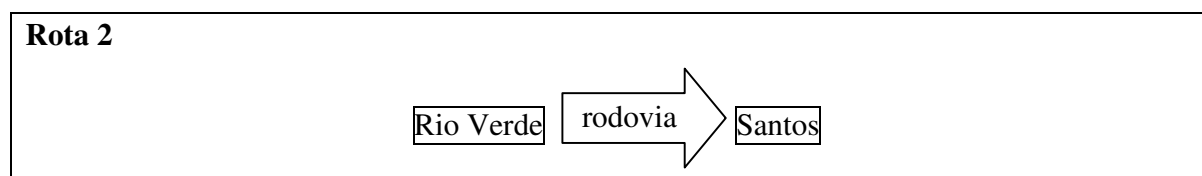
**Figura 11.** Comboio ferroviário graneleiro, descarregando a soja em Santos (SP). Fonte: (PINCELLI, 2006).

O tempo de transporte é de 48 horas, aproximadamente, até Santos (DALCOL, 2006). A descarga do comboio ferroviário, tem fluxo operacional de  $750 \text{ t.h}^{-1}$  (PINCELLI, 2006).

Foi realizado por uma correia transportadora de massa 20 t, vida útil de 10 anos, com motor de 100 HP, uma correia elevadora de massa 30 t, vida útil de 10 anos, com motor elétrico de 75 HP (PINCELLI, 2006).

### 5.1.2 Rota unimodal (rota 2)

Analisando o transporte unimodal, adotou-se como ponto de partida, o município de Rio Verde (GO). A escolha deste foi para possibilitar a análise comparativa com a rota multimodal (Figura 12).



**Figura 12.** Fluxograma do escoamento unimodal da soja, de Rio Verde (GO) até o porto de Santos(SP).

O transporte de Rio Verde (GO) à Santos (SP) foi feito por modal rodoviário percorrendo uma distância de 959 km (BRAVIN, 2001).

Feita por bitrens graneleiros, tracionados por cavalos mecânicos com tara de 9,5 t e dois semi-reboques com tara de 10,7 t. A vida útil do veículo é de 10 anos com um consumo médio de  $2,53 \text{ km.L}^{-1}$  de óleo diesel. Utiliza 26 pneus e dois pneus reservas com massas aproximadas 58 kg por pneu. Tem capacidade de transportar 38,5 t de carga líquida (SCANIA, 2006; GRUPO HUBNER, 2006; GOODYEAR, 2006; PAVAN, 2005).

O tempo aproximado de transporte é de 14 h (DALCOL,2006) e o “fator de equivalência” de carga obtido foi de 146,5.

A descarga do bitrem graneleiro no porto de Santos tem fluxo operacional de  $750 \text{ t.h}^{-1}$  (PINCELLI, 2006).

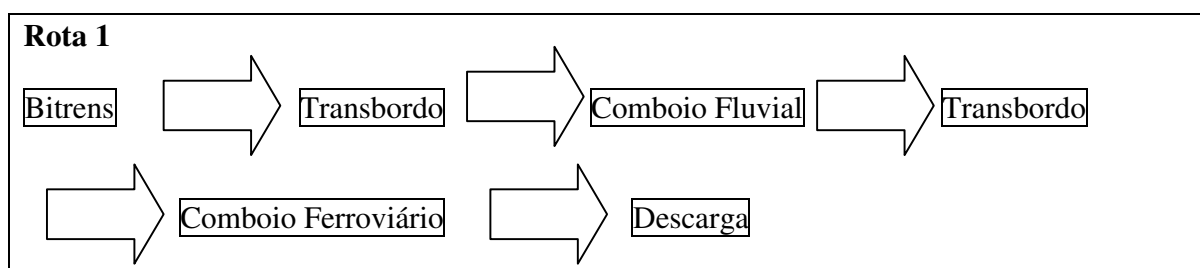
Foi realizado por dois tombadores hidráulicos de massa 32 t, vida útil de 10 anos, com motor elétrico de 50 HP; uma correia transportadora de massa 20 t, vida útil de 10 anos, com motor de 100 HP; uma correia elevadora de massa 30 t, vida útil de 10 anos, com motor de 75 HP (PINCELLI, 2006).

## 5.2 Fatores físicos envolvidos no trajeto

No modelo logístico de análise de transporte multimodal (rota 1), rodo-hidro-ferroviário, embarcou-se 5.640 toneladas de soja, que seguiram em bitrens de Rio Verde (GO) até o terminal de São Simão (GO), num total de 165 km. Feito o transbordo dos bitrens graneleiros para as barcaças do comboio hidroviário, o transporte se fez por hidrovía, percorrendo uma distância total de 650 km, até Pederneiras (SP).

Após o transbordo das barcaças do comboio hidroviário para os vagões graneleiros do comboio ferroviário, o transporte ocorreu por ferrovia, por 560 km, até a descarga em Santos (SP).

Analisando o transporte unimodal (rota 2), adotou-se como ponto de partida, o município de Rio Verde (GO). Neste modelo, a soja foi transportada em bitrens graneleiros com capacidade de transportar 38,5 toneladas de soja de Rio Verde (GO) até a descarga em Santos (SP), num total de 959 km.



**Figura 13.** Fluxograma dos fatores físicos que escoam a soja pela rota 1, de Rio Verde (GO), passando por São Simão (GO), Pederneiras (SP) até o porto de Santos(SP).

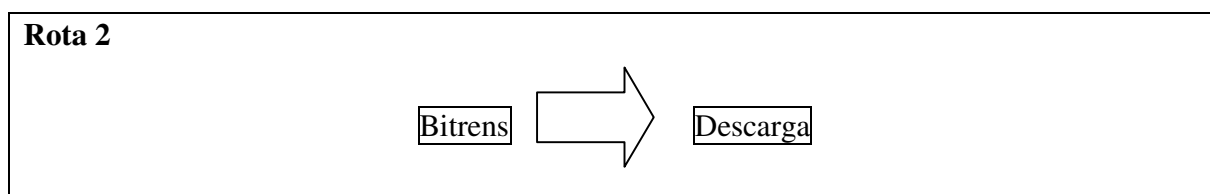
De Rio Verde (GO) à São Simão (GO), são necessários um motorista , um ajudante, um bitrem graneleiro e 28 pneus (PAVAN, 2005).

Em São Simão (GO), 18 operadores trabalham no transbordo, são utilizados dois tombadores hidráulicos e uma correia transportadora (DALCOL, 2006).

Pela hidrovía, encontram-se, nove tripulantes do comboio hidroviário, um empurrador, quatro barcaças graneleiras, 12 transposições por eclusas e quatro operadores de eclusa (DALCOL, 2006; TAKAHASHI, 2006).

Em Pederneiras, são necessários 12 operadores no transbordo, três sugadores pneumáticos, uma correia transportadora. Pela ferrovia, operam as quatro locomotivas e 50 vagões, dois tripulantes do comboio ferroviário (um maquinista e um ajudante) (DALCOL, 2006).

Em Santos, na descarga, são necessários 10 operadores, uma correia transportadora e uma correia elevadora (DALCOL, 2006; TAKAHASHI, 2006; ALEXANDRINO, 2006).



**Figura 14.** Fluxograma dos fatores físicos que escoam a soja pela rota 2, de Rio Verde (GO) até o porto de Santos(SP).

A rota 2, de Rio Verde (GO) à Santos (SP), encontra-se como fatores físicos que escoam a soja pelo transporte nas rodovias, um motorista, um ajudante, um bitrem graneleiro, 28 pneus.

Na descarga, em Santos (SP), são necessários 10 operadores de descarga, utilizados dois tombadores hidráulicos, uma correia transportadora e uma correia elevadora (PAVAN,2005; PINCELLI, 2006; ALEXANDRINO, 2006).

### 5.3. Conversão dos fatores físicos em energéticos

A partir desse ponto converteu-se as diversas formas físicas encontradas em unidades energéticas (MJ). Assim sendo, converteu-se a energia das máquinas

elétricas, respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além da quantificação da mão-de-obra utilizada, por operação, energia indireta de máquinas e equipamentos e energia indireta de manutenção de vias.

### 5.3.1 Energia do tipo direta de fonte industrial sob a forma elétrica:

Neste item, discrimina-se a obtenção dos conteúdos energéticos dos equipamentos elétricos utilizados no sistema.

Os equipamentos utilizados para os cálculos foram:

- Tombador hidráulico;
- Correia transportadora;
- Correia elevadora;
- Sugador pneumático.
- Eclusa.

A conversão foi feita através da equação 7:

$$EDIE = 0,745.3,6.P.T.F.Ne \quad (7)$$

Onde:

EDIE = energia do tipo direta de fonte industrial sob a forma elétrica (MJ);

P = potência (HP);

T = tempo de utilização (h);

F = fator de equivalência de carga;

Ne = número de equipamentos.

### 5.3.2 Energia do tipo direta de fonte fóssil sob a forma de combustíveis e lubrificantes:

Neste item, há a conversão dos consumos totais de combustíveis e lubrificantes. Para a obtenção dos conteúdos energéticos foi utilizado o fator de 1,14 que corresponde a 14% do gasto energético utilizado para a produção do óleo diesel, óleo lubrificante e graxa. Os coeficientes energéticos adotados, conforme Romero (2005), foram: óleo diesel  $40,87 \text{ MJ.L}^{-1}$ , para o óleo lubrificante  $37,75 \text{ MJ.L}^{-1}$  e para graxa  $43,37 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

A conversão foi feita através da equação 8:

$$EDF = 1,14.CE.CT.F \quad (8)$$

Onde:

EDF = energia do tipo direta de fonte fóssil (MJ);

CE = coeficiente energético ( $\text{MJ.L}^{-1}$ );

CT = consumo total (L);

F = fator de equivalência de carga.

Os combustíveis e lubrificantes utilizados para os cálculos foram:

#### a) Rota 1

- Bitrem:
- Óleo diesel;
- Óleo lubrificante (0,9% do consumo de óleo diesel);
- Graxa (6,31% do consumo de óleo lubrificante).



Algumas observações devem ser percebidas: a densidade da graxa foi considerada como sendo de  $0,88 \text{ t.m}^{-3}$ . Os percentuais de consumo do óleo diesel, óleo lubrificante e graxa foram calculados segundo dados fornecidos segundo informação pessoal obtida junto a empresa Risso de transporte terrestre rodoviário do município de Barra Bonita (SP), (De LUCCA , 2006).

- Comboio hidroviário:
- Óleo diesel;
- Óleo lubrificante (1,8% do consumo de óleo diesel);

O percentual de consumo do óleo lubrificante seguiu os mesmos padrões de consumo dos motores de bitrens, apenas multiplicado por dois, pois em empurradores, são comumente instalados dois motores, e os mesmos, são apenas adaptados às condições de navegabilidade. Também não foi considerado o consumo de graxa, visto que, segundo Takahashi (2006), o valor é desprezível.

- Comboio ferroviário:
- Óleo diesel;
- Óleo lubrificante (0,04% do consumo de óleo diesel);

O percentual de consumo do óleo lubrificante e o desprezo pelo consumo da graxa, seguiu as considerações da MRS logística, (EIRAS, 2006).

#### **a) Rota 2**

- Bitrem:

- Óleo diesel;
- Óleo lubrificante (0,9% do consumo de óleo diesel);
- Graxa (6,31% do consumo de óleo lubrificante).

### **5.3.3 Energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra:**

A metodologia adotada para os cálculos do dispêndio energético relativo à mão de obra seguiu Carvalho et al. (1974), citado por Campos (2001), que utilizou um equipamento considerado de boa precisão, o respirômetro, em seus trabalhos. Sendo assim, optou-se por utilizar o valor de  $386,40 \text{ kJ.h}^{-1}$  ou  $0,3864 \text{ MJ.h}^{-1}$ , como padrão para todas atividades envolvendo mão-de-obra.

A conversão foi feita através da equação 9:

$$EDBMO = 0,3864.N.T.F \quad (9)$$

Onde:

EDBMO = energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra (MJ);

N = número de trabalhadores;

T = tempo de trabalho (h);

F = fator de equivalência de carga;

### **5.3.4 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de máquinas e equipamentos:**

A metodologia adotada para os cálculos da depreciação energética relativa às máquinas e equipamentos seguiu Moreira et al. (2005). Os cálculos de energia

indireta embutida foram baseados na massa multiplicada pelos seus respectivos coeficientes energéticos. Isto é multiplicado pelas horas de utilização e em função da vida útil. Para determinação do consumo energético das máquinas e equipamentos foi adotado a equação 10:

$$EIIME = [(a + b + c + d).VU^{-1}]T.F.Ne \quad (10)$$

$$a = mme.CE \quad (11)$$

b = 5% de “a”;

$$c = np.mp.CE \quad (12)$$

d = 12% de (a + b + c).

Onde:

EIIME = energia indireta industrial de máquinas e equipamentos (MJ);

mme = massa das máquinas e equipamentos (kg);

CE = coeficiente energético de referência ( $MJ.kg^{-1}$ ), Tabela 1;

np = número de pneus;

mp = massa do pneu (kg);

VU = vida útil (h).

T = tempo de trabalho (h);

F = fator de equivalência de carga;

Ne = número de equipamentos.

A tabela 1 apresenta os coeficientes energéticos utilizados nas equações 11 e 12.

**Tabela 1.** Coeficientes energéticos ( $\text{MJ.kg}^{-1}$ ) correspondentes a cada tipo de material utilizado nas depreciações energéticas de máquinas ou equipamentos.

Máquinas e equipamentos	Material	coeficiente energético
Bitrem - cavalo mecânico	aço	62,79
Bitrem – semi reboques	aço	62,79
Bitrem – semi reboque	madeira	10,47
Comboio fluvial	aço	62,79
Comboio ferroviário	aço	62,79
Tombador hidráulico	aço	62,79
Sugador pneumático	borracha	85,81
Correia transportadora	aço	62,79
Correia transportadora	borracha	85,81
Correia elevadora	aço	62,79
Moega	aço	62,79
Portão de eclusa	aço	62,79
Pneu	borracha	85,81

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

### 5.3.5 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de manutenção de rodovias, hidrovias e ferrovias:

A metodologia adotada seguiu Pozo (2002). Para os cálculos foi utilizada a depreciação monetária considerando o valor residual igual a zero. O valor monetário foi convertido em energia pela "intensidade energética", isto é, a energia consumida no Brasil em 2004 dividida pelo produto interno bruto em 2004.

A energia consumida no Brasil em 2004 foi de 8 trilhões de MJ (BRASIL, 2006f), enquanto que o produto interno bruto do Brasil em 2004 foi de 1,767 trilhões de Reais (IBGE, 2006b).

O custo de implantação dos trechos, rodoviário ( $941.600 \text{ R}\$. \text{km}^{-1}$ ), hidroviário ( $72.760 \text{ R}\$. \text{km}^{-1}$ ), e ferroviário ( $2.996.000 \text{ R}\$. \text{km}^{-1}$ ), seguiu (BORGES, 2006).

Os valores das quantidades de veículos que trafegam por hora seguiram: pela rodovia - 104,17 (MACHADO, 2005), ferrovia – 0,34 (EIRAS, 2006) e hidrovía – 0,083 (AES TIÊTE, 2006).

Assim, a manutenção dos trechos, foi contemplada da seguinte maneira:

Custo de implantação do trecho, multiplicado pela sua distância. O resultado obtido dividiu-se pela sua vida útil. Em seguida, este valor foi dividido pela quantidade média de veículos que trafegam por hora pelo trecho. Para finalizar a conversão, multiplicou-se pelo fator de equivalência de carga e pela “intensidade energética”. Na rota 2 (unimodal rodoviário), o somatório das tarifas de pedágios foi multiplicado pela “intensidade energética”.

A conversão foi feita através das equações 13 e 14:

$$EIIM = IE.F.\{[(CIT.D).VU^{-1}]Vh^{-1}\} \quad (13)$$

$$IE = ECB.PIB^{-1} \quad (14)$$

Onde:

EIIM =	energia indireta industrial de Manutenção (MJ);
IE =	intensidade Energética (MJ.R\$ <sup>-1</sup> );
F =	fator de equivalência de carga (veículos);
ECB =	energia consumida no Brasil em 2004 (MJ);
PIB =	produto interno bruto do Brasil em 2004 (R\$);
CIT =	custo de implantação do trecho (R\$.km <sup>-1</sup> );
D =	distância do trecho (km);
VU =	vida útil (h);
Vh =	veículos por hora;

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Modal rodoviário de Rio Verde (GO) à São Simão (GO), pela rota 1

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de transbordo e transporte rodoviário pela rota 1 multimodal, de Rio Verde (GO) à São Simão (GO), são apresentadas na Tabela 2. Analisando-se os dados, verifica-se uma maior participação de energia do tipo direta (97,66%), representada pela fonte fóssil (98,76%), sob a forma de óleo diesel (99,11%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível (2,53 km.L<sup>-1</sup>) apresentado pelo bitrem graneleiro, além do fato de necessitar envolver mais de 146 bitrens para transportar a carga estipulada (fator de equivalência).

A participação de energia do tipo indireta (2,34%) foi baixa em relação à direta, sendo resultante do elevado número de máquinas e equipamentos (48,09%), bem como, pela manutenção da rodovia (51,91%).

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (1,16%), também foi baixa em relação a fonte fóssil, mas, deve-se destacar, que esta rubrica representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,08%), representada pela mão de obra com 2,07 MJ.km<sup>-1</sup>, apresentou a menor participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão-de-obra, mesmo com alto fator de equivalência de carga. Romero (2005), pesquisando o consumo de energia pela mão de obra (motorista de

caminhão) em atividade de transporte de algodão dentro da propriedade, obteve valor de 2,50 MJ.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte rodoviário na **rota 1 multimodal de Rio Verde (GO) à São Simão (GO)**.

<b>TIPO, fonte e forma</b>	<b>Entradas de energia</b>	
	(MJ)	(%)
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>454.796,55</u></b>	<b><u>97,66</u></b>
Elétrica	5294,50	1,16
Tombador hidráulico	3.025,43	57,14
Correia transportadora	2.269,07	42,86
Fóssil	449.159,80	98,76
Óleo diesel	445.172,07	99,11
Lubrificante	3.719,73	0,83
Graxa	268,00	0,06
Biológica	342,25	0,08
Mão-de-obra	342,25	100,00
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>10.881,24</u></b>	<b><u>2,34</u></b>
Industrial	5.231,75	48,09
Bitrem graneleiro	4.420,82	84,50
Tombador hidráulico	608,56	11,63
Correia transportadora	202,37	3,87
Industrial de manutenção	5.649,49	51,91
Rodovia	5.649,49	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>465.677,79</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

## 6.2 Modal hidroviário de São Simão (GO) à Pederneiras (SP), pela rota 1

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de transbordo e transporte hidroviário pela rota 1 multimodal, de São Simão (GO) à Pederneiras (SP), são representadas pela Tabela 3. Verifica-se, pela análise dos dados a maior participação de energia do tipo direta (94,50%), representada pela fonte fóssil (94,93%), sob a forma de óleo diesel (98,36%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível (0,042 km.L<sup>-1</sup>) apresentado pelo comboio hidroviário graneleiro.

A participação de energia do tipo indireta (5,50%) foi baixa em relação à direta. Foi resultante do elevado número de máquinas e equipamentos (78,25%) e pela energia indireta de manutenção da hidrovia (21,75%).

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (5,02%) também foi baixa em relação a fonte fóssil, mas, deve-se destacar, que representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,05%) possui uma escassa participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão-de-obra, mesmo com alto fator de equivalência de carga.

**Tabela 3.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte hidroviário na **rota 1 multimodal de São Simão (GO) à Pederneiras (SP)**.

<u>TIPO, fonte e forma</u>	<u>Entradas de energia</u>	
	(MJ)	(%)
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>776.021,16</u></b>	<b><u>94,50</u></b>
Elétrica	38.983,28	5,02
Sugador pneumático	36.296,90	93,11
Correia transportadora	2.520,41	6,46
Portão eclusa à jusante	120,69	0,31
Portão eclusa à montante	48,28	0,12
Fóssil	736.645,47	94,93
Óleo diesel	724.595,00	98,36
Lubrificante	12.049,80	1,64
Biológica	392,41	0,05
Mão-de-obra	392,41	100,00
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>45.155,92</u></b>	<b><u>5,50</u></b>
Industrial	35.333,90	78,25
Sugador pneumático	4,33	0,01
Correia transportadora	224,79	0,65
Comboio hidroviário	35.066,06	99,24
Portão eclusa à jusante	19,39	0,05
Portão eclusa à montante	19,39	0,05
Industrial de manutenção	9.822,02	21,75
Hidrovia	9.822,02	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>821.177,08</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).



### 6.3 Modal ferroviário de Pederneiras (SP) à Santos (SP), pela rota 1

As demandas energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de descarga e transporte ferroviário pela rota 1 multimodal, de Pederneiras (SP) à Santos (SP), são representadas pela Tabela 4. Verifica-se, pela análise dos dados a maior participação de energia do tipo direta (88,94%), representada pela fonte fóssil (99,69%), sob a forma de óleo diesel (99,96%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível ( $0,036 \text{ km.L}^{-1}$ ) apresentado pelo comboio ferroviário graneleiro, além do fato de necessitar envolver 1,61 comboios para transportar a carga estipulada (fator de equivalência de carga).

A participação de energia do tipo indireta (11,06%) foi menor em relação à direta, sendo representada principalmente pela energia embutida na manutenção da ferrovia (93,31%), que tem ao alto custo de implantação.

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (0,29%) foi baixa em relação a fonte fóssil, mas, deve-se, destacar que representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,02%) possui uma escassa participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão-de-obra, e ao fato de serem poucos operadores na condução do comboio ferroviário.

**Tabela 4.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transporte ferroviário e descarga na **rota 1 multimodal de Pederneiras (SP) à Santos (SP).**

<b>TIPO, fonte e forma</b>	<b>Entradas de energia</b>	
	(MJ)	(%)
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>1.180.232,26</u></b>	<b><u>88,94</u></b>
Elétrica	3.528,90	0,29
Correia transportadora	2.016,52	57,14
Correia elevadora	1.512,39	42,86
Fóssil	1.176.616,39	99,69
Óleo diesel	1.176.200,67	99,96
Lubrificante	415,72	0,04
Biológica	86,97	0,02
Mão-de-obra	86,97	100,00
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>146.770,98</u></b>	<b><u>11,06</u></b>
Industrial	9.824,89	6,69
Correia transportadora	134,89	1,37
Correia elevadora	190,13	1,94
Comboio ferroviário	9.499,87	96,69
Industrial de manutenção	136.946,09	93,31
Ferrovia	136.946,09	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.327.003,24</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

#### 6.4 Análise comparativa entre os modais da rota 1

Nas demandas de energia, por tipo, fonte e forma, na rota 1 multimodal, de Rio Verde (GO) à Santos (SP), apresentadas na Tabela 5, pode-se destacar uma maior participação de energia dos tipos direta e indireta, apresentada pelo modal ferroviário, seguido do hidroviário, e logo após, o rodoviário.

O consumo de energia do tipo direta de fonte elétrica obtida pelo modal hidroviário demandou a maior participação (81,50%), seguida pelo modal rodoviário (11%) e, em terceiro, o modal ferroviário (7,50%). Tal resultado pode ser explicado pelo alto dispêndio apresentado no transbordo em Pederneiras (SP).

Na participação de energia do tipo direta de fonte fóssil, a maior demanda foi obtida pelo modal ferroviário (49,80%), seguida pelo modal hidroviário (31,18%)

e, em terceiro, o modal rodoviário (19,02%). Explica-se pelo alto consumo de óleo diesel ( $0,036 \text{ km.L}^{-1}$ ) em 560 km percorridos pelo comboio ferroviário.

Nas participações de energia do tipo indireta de fonte industrial, a obtida pelo modal hidroviário foi a maior (70,12%), seguido pelo modal ferroviário (19,50%) e, em terceiro, o modal rodoviário (10,38%). Tal demanda pode ser explicada pela alta depreciação energética apresentada pelo comboio hidroviário.

Nas demandas de energia do tipo indireta de fonte industrial de manutenção, a maior participação apresentada foi pelo modal ferroviário (89,85%), seguido do modal hidroviário (6,44%) e, em terceiro, o modal rodoviário (2,65%). Explica-se pelo alto custo de implantação do trecho ferroviário. A participação representada pela rodovia, somente não foi maior que a hidrovia por conter um trecho de menor percurso.

Deve-se destacar, porém, o consumo específico de energia que contempla a distância percorrida e a carga transportada. Nesta análise, então, obtém-se o seguinte: com maior gasto energético o modal rodoviário ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ), seguido pelo modal ferroviário ( $0,42 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ) e, em terceiro, o modal hidroviário ( $0,22 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ).

Segundo Pimentel (1970), o transporte hidroviário nos Estados Unidos despende  $0,34 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ , o transporte ferroviário  $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$  e o rodoviário  $3,47 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ .

Segundo Santos (2004), o transporte hidroviário na Europa despende  $0,60 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ , o transporte ferroviário de  $0,60$  à  $1,00 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$  e o rodoviário de  $0,96$  à  $2,22 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ .

**Tabela 5.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, na **rota 1 multimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP).**

<u>TIPO</u> , fonte e forma	<u>Modais</u>			Total
	Rodoviário	Hidroviário	Ferrovário	
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>454.796,55</u></b>	<b><u>776.021,16</u></b>	<b><u>1.180.232,26</u></b>	<b><u>2.411.049,97</u></b>
Elétrica	<u>5294,50</u>	<u>38.983,28</u>	<u>3.528,90</u>	<u>47.806,68</u>
Tombador hidráulico	<b>3.025,43</b>	-	-	<b>3.025,43</b>
Correia transportadora	<b>2.269,07</b>	<b>2.520,41</b>	<b>2.016,52</b>	<b>6.806,00</b>
Correia elevadora	-	-	<b>1.512,39</b>	<b>1.512,39</b>
Portão eclusa à jusante	-	<b>120,69</b>	-	<b>120,69</b>
Portão eclusa à montante	-	<b>48,28</b>	-	<b>48,28</b>
Sugador pneumático	-	<b>36.296,90</b>	-	<b>36.296,90</b>
Fóssil	<u>449.159,80</u>	<u>736.645,47</u>	<u>1.176.616,39</u>	<u>2.362.421,66</u>
Óleo diesel	<b>445.172,07</b>	<b>724.595,00</b>	<b>1.176.200,67</b>	<b>2.345.967,74</b>
Lubrificante	<b>3.719,73</b>	<b>12.049,80</b>	<b>415,72</b>	<b>16.185,25</b>
Graxa	<b>268,00</b>	-	-	<b>268,00</b>
Biológica	<u>342,25</u>	<u>392,41</u>	<u>86,97</u>	<u>821,63</u>
Mão-de-obra	<b>342,25</b>	<b>392,41</b>	<b>86,97</b>	<b>821,63</b>
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>10.881,24</u></b>	<b><u>45.155,92</u></b>	<b><u>146.770,98</u></b>	<b><u>202.808,14</u></b>
Industrial	<u>5.231,75</u>	<u>35.333,90</u>	<u>9.824,89</u>	<u>50.390,54</u>
Bitrem graneleiro	<b>4.420,82</b>	-	-	<b>4.420,82</b>
Tombador hidráulico	<b>608,56</b>	-	-	<b>608,56</b>
Comboio hidroviário	-	<b>35.066,06</b>	-	<b>35.066,06</b>
Portão eclusa à jusante	-	<b>19,39</b>	-	<b>19,39</b>
Portão eclusa à montante	-	<b>19,39</b>	-	<b>19,39</b>
Sugador pneumático	-	<b>4,33</b>	-	<b>4,33</b>
Comboio ferroviário	-	-	<b>9.499,87</b>	<b>9.499,87</b>
Correia transportadora	<b>202,37</b>	<b>224,79</b>	<b>134,89</b>	<b>562,05</b>
Correia elevadora	-	-	<b>190,13</b>	<b>190,13</b>
Industrial de manutenção	<u>5.649,49</u>	<u>9.822,02</u>	<u>136.946,09</u>	<u>152.417,60</u>
Rodovia	<b>5.649,49</b>	-	-	<b>5.649,49</b>
Hidrovia	-	<b>9.822,02</b>	-	<b>9.822,02</b>
Ferrovia	-	-	<b>136.946,09</b>	<b>136.946,09</b>
<b>TOTAL</b>	<b>465.677,79</b>	<b>821.177,08</b>	<b>1.327.003,24</b>	<b>2.613.858,11</b>
<b>CONSUMO ESPECÍFICO 0,50</b> (MJ.km <sup>-1</sup> .t <sup>-1</sup> )	<b>0,50</b>	<b>0,22</b>	<b>0,42</b>	<b>0,34</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

O consumo específico de energia foi contemplado da seguinte maneira:

Demanda de energia consumida em cada trecho, dividida pela distância percorrida pelo trecho, em seguida, este valor foi dividido pela quantidade de carga líquida transportada no trecho (5.640 t).

## 6.5 Modal rodoviário de de Rio Verde (GO) à Santos (SP), pela rota 2

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de descarga e transporte rodoviário pela rota 1 multimodal, de Rio Verde (GO) à Santos (SP), são apresentadas na Tabela 6. Analisando-se os dados, verifica-se uma maior participação de energia do tipo direta (97,63%), representada pela fonte fóssil (99,73%), sob a forma de óleo diesel (99,12%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível ( $2,53 \text{ km.L}^{-1}$ ) apresentado pelo bitrem graneleiro, além do fato de necessitar envolver mais de 146 bitrens para transportar a carga estipulada (fator de equivalência).

A participação de energia do tipo indireta (2,57%), foi baixa em relação a direta, sendo representada por um elevado número de máquinas e equipamentos (42,93%) e energia industrial de manutenção da rodovia (57,07%).

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (0,21%), foi baixa em relação a fonte fóssil, mas deve ser destacada pois representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,06%), representada pela mão de obra com  $1,70 \text{ MJ.km}^{-1}$ , apresentou a menor participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão-de-obra, mesmo com alto fator de equivalência de carga. Romero (2005), pesquisando o consumo de energia pela mão de obra (motorista de caminhão) em atividade de transporte de algodão dentro da propriedade, obteve valor de  $2,50 \text{ MJ.ha}^{-1}$ .

**Tabela 6.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transporte e descarga na **rota 2 multimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP)**.

<b>TIPO, fonte e forma</b>	<b>Entradas de energia</b>	
	(MJ)	(%)
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>2.617.512,21</u></b>	<b><u>72,81</u></b>
Elétrica	5.510,61	0,21
Tombador hidráulico	2.003,86	36,36
Correia transportadora	2.003,86	36,36
Correia elevadora	1.502,89	27,28
Fóssil	2.610.373,38	99,73
Óleo diesel	2.587.281,09	99,12
Lubrificante	21.498,78	0,82
Graxa	1.593,51	0,06
Biológica	1.628,60	0,06
Mão-de-obra	1.628,60	100,00
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>63.554,37</u></b>	<b><u>2,37</u></b>
Industrial	27.286,45	42,93
Bitrem graneleiro	26.560,45	97,34
Tombador hidráulico	403,01	1,48
Correia transportadora	134,04	0,49
Correia elevadora	188,95	0,69
Industrial de manutenção	36.267,92	57,07
Rodovia	32.835,54	90,54
Pedágio	3.432,38	9,46
<b>TOTAL</b>	<b>2.681.066,58</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

### 6.6 Análise comparativa entre as rotas 1 e 2.

Nas entradas de energia, por tipo, fonte e forma, nas rotas 1 e 2 – multimodal e unimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP), pode-se destacar, na Tabela 7, uma maior participação de energia do tipo direta para a rota 2, unimodal. Isto explica-se devido ao alto consumo de óleo diesel apresentado pelos bitrens ao longo de um trajeto de 959 km, mesmo que a rota 1, multimodal, seja maior com 1.375 km.

Destaca-se, uma maior participação de energia do tipo indireta para a rota 1, multimodal. Este fato é representado pelo elevado número de máquinas e equipamentos nos dois transbordos (São Simão-GO e Pederneiras-SP) e na descarga em Santos (SP) e pelo alto custo de implantação dos trechos.

Pode-se representar, também, as participações de energia da seguinte forma: rota 1 - multimodal ( $0,34 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ) com menor gasto energético, e rota 2 - unimodal ( $0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$ ) com maior gasto energético.

**Tabela 7.** Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, nas rotas 1 e 2 – multimodal e unimodal de Rio Verde (GO) à Santos (SP).

<u>TIPO, fonte e forma</u>	<u>Rotas</u>	
	<u>Rota 1</u>	<u>Rota 2</u>
<b><u>ENERGIA DIRETA</u></b>	<b><u>2.411.049,97</u></b>	<b><u>2.617.512,21</u></b>
Elétrica	47.806,68	5.510,61
Tombador hidráulico	3.025,43	2.003,86
Correia transportadora	6.806,00	2.003,86
Correia elevadora	1.512,39	1.502,89
Portão eclusa à jusante	120,69	-
Portão eclusa à montante	48,28	-
Sugador pneumático	36.296,90	-
<u>Fóssil</u>	<u>2.362.421,66</u>	<u>2.610.373,38</u>
Óleo diesel	2.345.967,74	2.587.281,09
Lubrificante	16.185,25	21.498,78
Graxa	268,00	1.593,51
<u>Biológica</u>	<u>821,63</u>	<u>1.628,60</u>
Mão-de-obra	821,63	1.628,60
<b><u>ENERGIA INDIRETA</u></b>	<b><u>202.808,14</u></b>	<b><u>63.554,37</u></b>
<u>Industrial</u>	<u>50.390,54</u>	<u>27.286,45</u>
Bitrem graneleiro	4.420,82	26.560,45
Tombador hidráulico	608,56	403,01
Comboio hidroviário	35.066,06	-
Portão eclusa à jusante	19,39	-
Portão eclusa à montante	19,39	-
Sugador pneumático	4,33	-
Comboio ferroviário	9.499,87	-
Correia transportadora	562,05	134,04
Correia elevadora	190,13	188,95
<u>Industrial de manutenção</u>	<u>152.417,60</u>	<u>36.267,92</u>
Rodovia	5.649,49	32.835,54
Hidrovia	9.822,02	-
Ferrovia	136.946,09	-
Pedágios	-	3.432,38
<b>TOTAL</b>	<b>2.613.858,11</b>	<b>2.681.066,58</b>
<b>CONSUMO ESPECÍFICO</b> <b>(MJ km<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup>)</b>	<b>0,34</b>	<b>0,50</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

O consumo específico de energia foi contemplado da seguinte maneira:

Demanda de energia consumida em cada rota, dividida pela distância percorrida pela rota, em seguida, este valor foi dividido pela quantidade de carga líquida transportada na rota (5.640 t).

### 6.7 Análise comparativa entre os indicadores energético e econômico

Nas demandas específicas de energia e custo unitário apresentadas na Tabela 8, pode-se destacar na rota 1, uma maior participação de energia específica e custo específico do modal rodoviário, seguido do ferroviário e, em terceiro, o hidroviário.

Na relação entre os modais nas participações de energia específica, verificou-se os seguintes valores: modal rodoviário com hidroviário (127% maior), modal rodoviário com ferroviário (19% maior) e ferroviário com hidroviário (91% maior).

Na relação entre os modais nas participações de custo específico unitário, obteve-se os seguintes valores: modal rodoviário com hidroviário (240% maior), modal rodoviário com ferroviário (161% maior) e ferroviário com hidroviário (30% maior).

Pode-se representar, também, as participações de energia específica da seguinte forma: rota 2 em relação à rota 1 (47% maior) e as participações de custo específico unitário, da rota 2 em relação à rota 1 (93% maior).

**Tabela 8.** Consumo específico de energia (CEE) e custo específico unitário (CEU), apresentados pelas rotas analisadas.

Modal	CEE (MJ.km <sup>-1</sup> .t <sup>-1</sup> )*	CEU(US\$.km <sup>-1</sup> .t <sup>-1</sup> )**
Rodoviário	0,50	0,034
Hidroviário	0,22	0,010
Ferrovário	0,42	0,013
<b>Rota 1</b>	<b>0,34</b>	<b>0,014</b>
<b>Rota 2</b>	<b>0,50</b>	<b>0,027</b>

\*Fonte: Dados da pesquisa, ano 2006.

\*\*Fonte: Bravin, 2001



## 7. CONCLUSÕES

As participações de energia apresentadas na rota 1 mostraram que o modal rodoviário foi o que apresentou maior gasto energético, seguido pelo modal ferroviário e modal hidroviário.

Nas participações de energia apresentadas, comparando as rotas 1 e 2, a que apresentou maior gasto energético foi a rota unimodal, com um consumo específico de energia cerca de 47% superior à rota multimodal.

De maneira geral, este estudo foi realizado com o intuito de compreender melhor o consumo de energia utilizado pelos diversos sistemas de transporte, uma vez que existem poucos trabalhos divulgados nesta área. No entanto, há perspectivas melhores no transporte hidroviário e ferroviário.

Considera-se que este tipo de estudo reflete a necessidade de se buscar alternativas de transporte diferentes, tais como, a multimodalidade, e mais sustentáveis do ponto de vista energético, ou seja, que possibilitem utilização mais racional de recursos naturais não renováveis, principalmente do óleo diesel.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁBILE, J. A. **Análise ambiental e estimativa de custos da utilização do biodiesel em comboios fluviais graneleiros na hidrovia Tietê-Paraná.** 2006, 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologia em Logística)-Faculdade de Tecnologia, Jahu, 2006.

AES.TIETÊ. **Informações sobre eclusas da hidrovia do Tietê e tráfego de comboios hidroviários graneleiros.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <tiete.faleconosco@aes.com> em: 12 set. 2006.

ALEXANDRINO, M. **Informações sobre turnos de trabalho nos terminais do porto de Santos.** . [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mauri@kbrtec.com.br> em: 13 dez. 2006.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial.** São Paulo: Atlas, 1993. 388 p.

BORGES. C. **Informações sobre custo de implantação de rodovias, hidrovias e ferrovias.** Disponível em: <[http://www.cni.org.br/empauta/hidrovia/CESAR\\_BORGES.pdf](http://www.cni.org.br/empauta/hidrovia/CESAR_BORGES.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2006.

BRASIL(a). Ministério dos Transportes: **Principais portos exportadores de soja.** Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/portos.htm>>. Acesso em: 10 out. 2006.

BRASIL(b). Ministério dos Transportes: **Mapas rodoviários.** Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/trodo/rodo.htm>>. Acesso em: 10 out. 2006.

BRASIL(c). Ministério dos Transportes: **Mapa hidroviário.** Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/hidro.htm>>. Acesso em: 10 out. 2006.

BRASIL(d). Ministério dos Transportes: **Mapa ferroviário.** Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/ferro/FERRO.htm>>. Acesso em: 10 out. 2006.

BRASIL(e). Ministério dos Transportes: **Foto do terminal hidroviário de Pederneiras (SP)**. Disponível em: <[http://www.transportes.gov.br/bit/terminais\\_hidro/term\\_hidro.htm](http://www.transportes.gov.br/bit/terminais_hidro/term_hidro.htm)>. Acesso em: 10 out. 2006.

BRASIL(f). Ministério de Minas e Energia: **Balanco energético nacional**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programs=display.do?chn=88258&pag=9292>>. Acesso em: 13 out. 2006.

BRAVIN, L. F. N. **Análise de transporte multimodal na região da hidrovia Tietê-Paraná**. 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CAIXETA FILHO, J. V., GAMEIRO, A. H. **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo. Atlas, 2001. 218 p.

CAIXETA FILHO, J. V., MARTINS, R. S. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo. Atlas. 2001. 296 p.

CAMPOS, A. T., **Balanco energético relativo à produção de feno de "Coast-Cross" e alfafa em sistema intensivo de produção de leite**. 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CARVALHO, A. et al. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vitícola de "Torres"**. 1974. 79 p. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência - Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974.

COLENCI, R. A. **Informações sobre o transporte ferroviário**. Dez. 2006. Entrevistador: Fábio César Bovolenta. Botucatu: Faculdade de Tecnologia.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto**. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, 1993.

COPABO: **Informações sobre correias transportadoras feitas de borracha**. Disponível em: <<http://www.copabo.com.br/index.php/341>>. Acesso em: 26 out. 2006.

COPPEAD: **Informações sobre participações da logística e dos modais de transporte no PIB do Brasil.** Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-panoramas.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2007.

DALCOL, A. L. **Informações sobre o transporte hidroviário de São Simão (GO) à Pederneiras (SP) e transporte ferroviário de Pederneiras (SP) à Santos (SP).** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[andre.dalcol@ldcommodities.com](mailto:andre.dalcol@ldcommodities.com)> em: 23 set. 2006.

DE LUCCA, J. F. **Informações sobre consumo de óleo diesel, óleo lubrificante e graxa em bitrens graneleiros.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[delucca@risso.com.br](mailto:delucca@risso.com.br)> em: 28 set. 2006.

DIAS, M. A. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** São Paulo: Atlas, 1993. 399 p.

EIRAS, M. **Informações sobre ferrovias e locomotivas da MRS que operam na malha ferroviária Pederneiras (SP)/Santos (SP).** Dez. 2006. Entrevistador: Fábio César Bovolenta. Jahu: Faculdade de Tecnologia.

FIGUEIREDO, K. F. et al. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2003. 483 p.

GRUPO HUBNER. **Informações sobre semi-reboques graneleiros de bitrens.** Disponível em: <<http://www.grupohubner.com.br/rodolinea/03-bitrem.html>>. Acesso em: 7 dez. 2006.

GURGEL, F. A. **Administração dos fluxos de materiais e de produtos.** São Paulo: Atlas, 1996. 206 p.

GOODYEAR. **Informações sobre massa de pneus.** Disponível em: <<http://www.goodyear.com.br/tirecatalog/truck/>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

IBGE(a). **Tabela sobre a safra de soja 2002-2003.** Disponível em - [www <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/defaulttab.shtml>](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/defaulttab.shtml). Acesso em: 22 jan. 2006.

IBGE(b). **Produto interno bruto.** Disponível em - [www <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=571&id\\_pagina=1>](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=571&id_pagina=1). Acesso em: 15 dez. 2006.

MACHADO, K. **Concessões de rodovias – mito e realidade.** São Paulo. Prêmio, 2005. 228 p.

MELLO, J. C. **Informações sobre transporte ferroviário.** Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/dcbrasil/itamaraty/web/port/economia/transp/ferro/apresent.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2007.

MOREIRA, C. R. et al. Avaliação energética do cultivo de eucalipto, com e sem composto de lixo urbano. **Energia na Agricultura**, Botucatu, SP, vol. 20, n. 4, p. 1-19, 2005.

PAVAN, J. L. **A comparação dos custos de uma carreta convencional e um bitrem no transporte de soja de Rondonópolis (MT) até porto Paranaguá (PR)**. 2005. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologia em Logística)-Faculdade de Tecnologia, Jahu, 2005.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, Florida, CRC Press Inc, 1980. 475 p.

PINCELLI, K. **Informações sobre o terminal graneleiro da empresa do grupo caramuru no porto de Santos (SP)**. Out. 2006. Entrevistador: Fábio César Bovolenta. Jahu: Faculdade de Tecnologia

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE (GO). **Informações sobre as rodovias que escoam a soja do município de Rio Verde (GO) até São Simão (GO) e até Santos (SP)**. Disponível em: <<http://www.rioverdegoias.com.br/i.do?si=fal>>. Acesso em: 31 ago. 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SIMÃO (GO). **Foto aérea do terminal hidroviário de São Simão**. Disponível em: <<http://www.saosimao.go.gov.br/comunicacao/ascom>>. Acesso em: 6 dez. 2006.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**. São Paulo: Atlas, 2002. 195 p.

ROMERO, M. G. R. **Análise energética e econômica do cultivo de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SANTOS, S. R. **Informações sobre demanda energética específica de transporte rodoviário, hidroviário e ferroviário na Europa**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <contato@comciencia.br> em: 05 dez. 2006.

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes: **Informações sobre a hidrovía Tietê-Paraná**. Disponível em: <<http://www.transportes.sp.gov.br/u20/hidrovía.asp>>. Acesso em: 25 fev. 2007.

SAUR EQUIPAMENTOS S. A. **Informações sobre tombadores hidráulicos**. Disponível em: <[http://www.saur.com.br/principalphp?id\\_menu=atendimento](http://www.saur.com.br/principalphp?id_menu=atendimento)>. Acesso em: 13 dez. 2006.

SCANIA. **Informações sobre cavalo-mecânico que reboca bitrens**. Disponível em: <[http://www.scania.com.br/images/espec\\_tec\\_r480](http://www.scania.com.br/images/espec_tec_r480)>. Acesso em: 8 dez. 2006.

TAKAHASHI, G. **Informações sobre o transporte hidroviário de São Simão (GO) à Pederneiras (SP).** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <george.takahashi@ldcommodities.com> em: 23 set. 2006.

TECNOMOAGEIRA. **Informações sobre correias transportadoras e correias elevadoras.** Disponível em: <[http://www.tecnomoageira.com.br/contato\\_index.asp?language=br...](http://www.tecnomoageira.com.br/contato_index.asp?language=br...)>. Acesso em: 14 dez. 2006.

UBERZEM: **Informações sobre tombadores hidráulicos.** Disponível em: <<http://www.uberzem.com.br/tecnologia.aspx?id=21>>. Acesso em: 25 fev. 2007.

VALENTE, A. M. et al. **Gerenciamento de transportes e frotas.** São Paulo: Pioneira, 2003. 215 p.