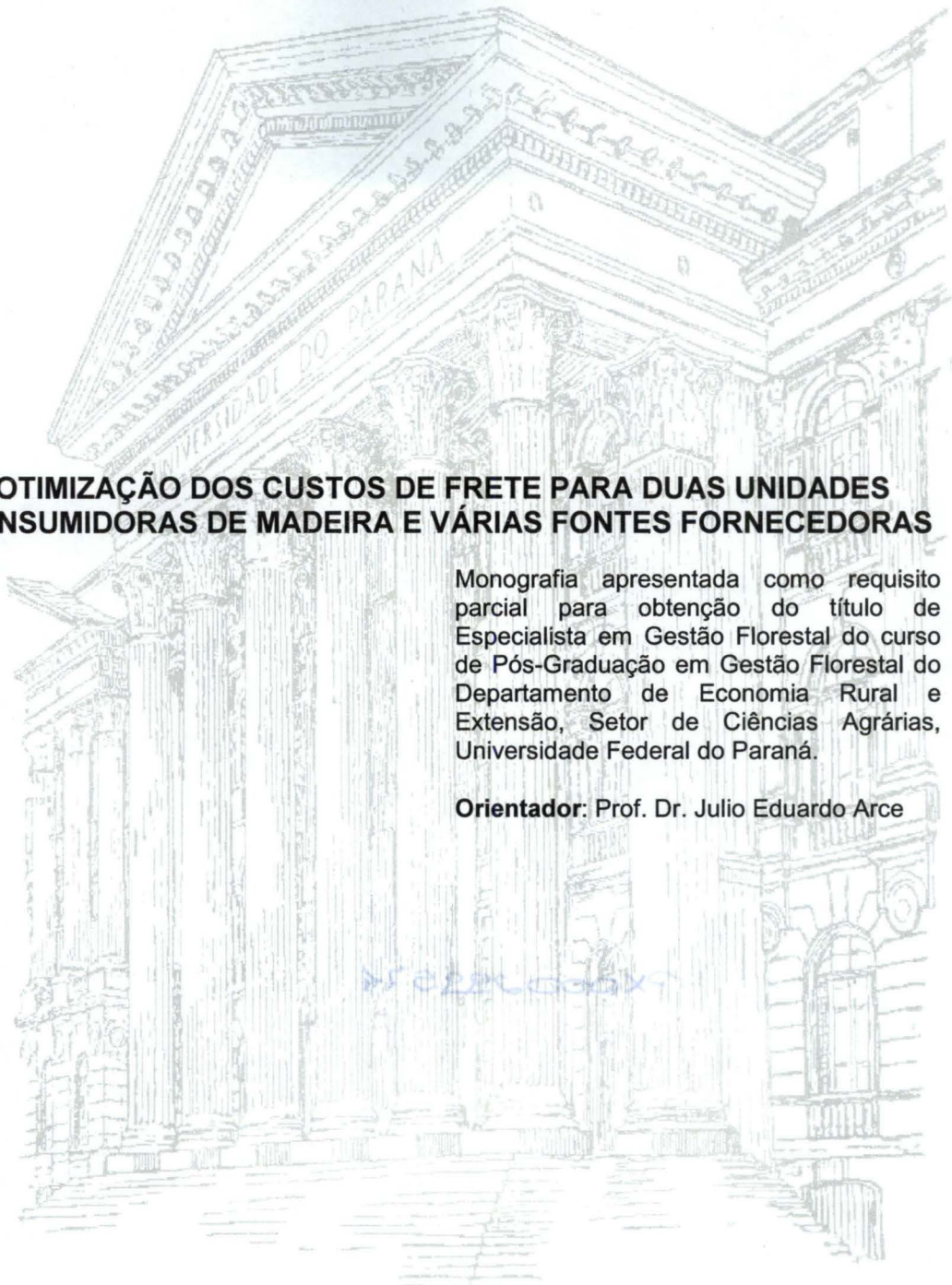
HUMBERTO POHLMANN



OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DE FRETE PARA DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE MADEIRA E VÁRIAS FONTES FORNECEDORAS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal do curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA
2008

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES iii
RESUMO iv
ABSTRACT iv
1 INTRODUÇÃO 01
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA 03
3 MATERIAL E MÉTODOS 08
3.1 Especificação do Modelo de Transporte 11
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 17
4.1 Solução do Modelo de Transporte 17
5 CONCLUSÕES 17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – VOLUME DE CAVACOS ENTREGUES NAS DUAS UNIDADES FLORESTAIS CONSUMIDORAS NO PERÍODO DE JANEIRO A SETEMBRO DE 2007 08

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL REAL DOS FORNECEDORES EM RELAÇÃO ÀS DUAS FONTES CONSUMIDORAS 10

FIGURA 2 – MODELO DE TRANSPORTE REPRESENTADO COMO UMA REDE COM *m* PONTOS DE PRODUÇÃO E *n* CLIENTES 12

QUADRO 2 – TABELA COM OS VOLUMES DE CAVACOS ENTREGUES NAS DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS OTIMIZADA PELO MODELO DE TRANSPORTE 14

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS FORNECEDORES EM RELAÇÃO ÀS DUAS FONTES CONSUMIDORAS APÓS A APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSPORTE 16

RESUMO

Este trabalho tratou da minimização dos custos do transporte rodoviário florestal, através da programação linear inteira e otimização das rotas de transporte envolvendo duas unidades consumidoras de uma empresa florestal. Após a obtenção dos dados, foram elaborados dois cenários, quais sejam: Cenário I: levantamento do quadro atual da empresa, como subsídio comparativo após a racionalização e otimização das rotas e dos custos de frete; Cenário II: aplicação do modelo de transporte visando minimizar os custos de frete. Os resultados mostraram-se significativos, onde a otimização contribuiu para a redução do custo total do frete, traduzindo-se em ganhos na produção dos veículos e conseqüentemente no menor desembolso da empresa com fretes.

Palavra-chave: programação linear inteira, transporte rodoviário florestal, custos de frete.

ABSTRACT

This work dealt with the decreasent of the costs of the forest road transport, through the entire linear programming and optimization of the transport routes involving two units consumers of a forest company. After the attainment of the data, had been elaborated two scenes, which is: Scene I: survey of the current picture of the company, as comparative subsidy after the rationalization and optimization of the routes and the costs of freight; Scene II: application of the transport model aiming at to minimize the freight costs. The results had revealed significant, where the optimization contributed consequently for the reduction of the total cost of the freight, expressing itself profits in the production of the vehicles and in the lesser outlay of the company with freights.

Word-key: entire linear programming, forest road transport, costs of freight.

1 INTRODUÇÃO

Na empresa florestal, o transporte de madeira é uma das atividades que mais gera custos. Pequenas mudanças podem significar grandes ganhos na redução dos custos de frete. Segundo Leite (1992), a distância é um dos fatores que mais afetam o custo de transporte e este varia de acordo com a localização da fábrica em relação às áreas de produção da madeira. Seja pelo sistema de transporte rodoviário, ferroviário ou hidroviário, o custo do transporte da madeira varia diretamente com a distância.

Várias empresas do setor florestal possuem suas fontes de abastecimento em origens distintas, abrangendo áreas descontínuas dentro do seu raio de ação. O planejamento do transporte da madeira geralmente envolve o abastecimento de uma única unidade de consumo com diferentes distâncias para cada um dos fornecedores. É comum, nas rodovias, o trânsito de caminhões em rotas opostas transportando o mesmo tipo de madeira para unidades de consumo pertencentes ao mesmo grupo. Isso nos leva a crer que existem margens de ganhos, principalmente no que diz respeito ao frete.

Valendo-se deste contexto, o presente trabalho vem mostrar como se desenvolve o transporte de cavacos de madeira para a fabricação de chapas em duas unidades consumidoras situadas no Paraná, apontando alternativas para que se consiga a otimização do transporte, levando-se em consideração, oportunidades de melhorias das rotas de transporte quanto da minimização de custos de frete. Atualmente, utiliza-se a programação linear para equação e solução de inúmeros problemas que o transporte florestal apresenta. Diante disso, foram identificadas as diferentes origens da matéria – prima e a quantificação dos custos de frete para cada

fornecedor visando à otimização do transporte e a diminuição dos custos, utilizando-se desta ferramenta matemática. O objetivo geral deste trabalho é a minimização dos custos de frete de cavacos de madeira para processo de duas indústrias florestais que possuem, juntas, várias origens de fornecimento.

Objetivos Específicos

a) Comprovar a aplicabilidade do Modelo de Transporte para este estudo, e;
b) Demonstrar que há diminuição do custo de fretes com a redistribuição dos fornecedores em relação às duas fábricas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É crescente o destaque do setor florestal brasileiro para a economia nacional. Assiste-se por todo o mundo, em diferentes tipos de organizações, o surgimento de um interesse renovado pelas atividades florestais, das quais se destaca a produção madeireira (NOCE et al., 2005).

A economia florestal brasileira tem participação significativa nos indicadores socioeconômicos do país, como o Produto Interno Bruto (PIB), empregos, salários, impostos e balança comercial. No mercado internacional de produtos florestais como a celulose, madeira, móveis, laminados etc., o Brasil vem conquistando espaço em razão das vantagens competitivas que possui (VALVERDE et al., 2003).

Para o setor nacional, o custo de madeiras de florestas implantadas varia entre 38 e 66% do custo final de aquisição da madeira posto fábrica, para as distâncias médias entre 45 e 240 km (SALMERON, 1984). Malinovski e Fenner (1986) expõem que o custo de transporte circunda na faixa de 40% dos custos da empresa com a madeira posto fábrica.

Segundo Machado (2007) no Brasil, o transporte rodoviário de carga fatura mais de R$ 40 bilhões anualmente e movimenta 62% do total de carga do país. Por outro lado, destaca-se pelo alto grau de pulverização, pois opera com mais de 350 mil transportadores autônomos, 12 mil empresas transportadoras e 50 mil transportadores de carga própria. Ainda, o transporte de madeira dá-se quase que exclusivamente pelo modal rodoviário, sendo um dos processos de maior significância nos dias atuais, não só pelo grande volume de carga movimentado entre as empresas produtoras,

intermediárias e consumidoras, mas também pela sua alta flexibilidade na interligação entre a origem e o destino das mercadorias. Essa situação pouco se alterou em relação às duas últimas décadas.

O autor citado acima enfatiza ainda que um fator de real significado, que influi no resultado final do empreendimento florestal, é a sua localização em relação às fontes consumidoras, por causa do custo do frete. O transporte é o elemento mais importante do custo logístico para a grande maioria das empresas transportadoras, por absorver até 60% do gasto logístico. A frota de caminhões no país é superior a um milhão de veículos, com idade média elevada. A malha rodoviária, que se encontra em péssimo estado de conservação, soma mais de 1,8 milhões de quilômetros, sendo que menos de 10% são pavimentadas. Além disso, a madeira é um produto de valor específico relativamente baixo, ou seja, o volume transportado é muito elevado e o valor da carga é baixo, isto torna o transporte um dos principais problemas das empresas florestais.

A gestão do abastecimento de madeira tem sido equacionada e estudada de diferentes maneiras. Machado (2007) enfatiza que a tendência é que as indústrias procurem se localizar próximas dos seus consumidores, caso os custos de transporte do produto final sejam maiores que os custos de transporte da matéria-prima madeira. O ideal é que, na definição da localização geográfica de uma indústria do setor de base florestal, o somatório dos custos de transporte da madeira e do produto final sejam minimizados. O transporte rodoviário é o meio predominante, devido à extensa malha rodoviária existente no país. Atualmente, 65% do transporte de cargas é realizado por este modal, enquanto nos países em desenvolvimento é de 40%, e de 30%, nos desenvolvidos. O setor florestal depende mais ainda deste meio de transporte,

aproveitando-se do sistema de estradas pavimentadas, que interligam todas as regiões do país.

Segundo Machado *et al.* (2000), os fatores que influenciam os custos de transporte florestal rodoviário são a distância, que determina o volume de madeira a ser transportado por turno de trabalho e o padrão de qualidade das estradas, que influencia o desempenho energético dos veículos de transporte, a durabilidade do veículo, a eficiência operacional, etc.

Um fator de real significado que influi no resultado final do empreendimento florestal é a sua localização com relação às fontes consumidoras, por causa do custo de transporte (COLOMBELLI FILHO, 1973). Silversides (1978) expõe que a distância é um dos principais fatores que governa os custos do transporte, pois determina o volume de madeira a ser transportado por turno ou dia de trabalho, em cada tipo de composição veicular, e quanto mais extenso for o trajeto, maior será o custo unitário por volume de madeira transportada.

O transporte rodoviário florestal representa parcela significativa no custo final da madeira posta pátio da fábrica e que, para a minimização desse custo, maneiras eficientes, como pesquisas científicas, devem ser utilizadas, para a obtenção de níveis elevados de eficiência econômica nos setores de exploração e transporte florestal (Brant,1984). A madeira é um produto de valor específico relativamente baixo, ou seja, o volume transportado é muito elevado e o valor da carga é baixo, e isso torna o transporte um dos principais problemas na empresa florestal (SEIXAS, 1992).

O estudo visando a organização e a racionalização das operações do transporte florestal rodoviário poderá representar uma grande economia de recursos para as

empresas do setor, bem como aumentar a eficiência operacional e, conseqüentemente, a produtividade dos caminhões (LEITE, 1992). Arce (1997) descreve que o planejamento florestal principal requer decisões racionais, levando em consideração a disponibilidade de veículos, os produtos a serem transportados, as rotas a serem utilizadas, os horários de trabalho dos caminhões, pontos de produção ou clientes, dentre outras variáveis que podem afetar o planejamento.

A programação linear é uma poderosa ferramenta de planejamento e vem sendo largamente utilizada em todo o mundo. No setor florestal, seu uso tem-se difundido bastante, principalmente nos países desenvolvidos (MARTINI e LEITE, 1988). No setor florestal, o transporte de madeira é realizado quase que exclusivamente pelo modo rodoviário, por causa da extensa malha existente, oferta de veículos com diferentes capacidades de carga, menor preço inicial, flexibilidade e probabilidade de escolha de rotas (MACHADO, *et al.* 2000).

Segundo Seixas (1992), o setor que vem sofrendo pressão de aumento nos custos em conseqüência da instalação de postos de pedágios, fiscalização rigorosa em relação à "Lei da Balança" e reajustes constantes nos preços dos combustíveis, representando, em média, de 40 a 70% do custo da madeira posta na fábrica. O transporte é o elemento mais importante do custo logístico para a grande maioria das empresas transportadoras, pois o frete costuma absorver cerca de 60% do gasto logístico (TABOADA, 2002).

Segundo (Leite, 1992), a distância é um dos fatores que mais afetam o custo de transporte e este varia de acordo com a localização da fábrica em relação às áreas de

produção da madeira. Seja pelo sistema de transporte rodoviário, ferroviário ou hidroviário, o custo do transporte da madeira varia diretamente com a distância.

O transporte florestal é a operação de maior custo, onde o fator limitante é a distância do fornecedor até a fábrica (OLIVEIRA, 2007). A movimentação da madeira passará pela racionalização através de acordos, na troca de ativos/madeira mais próximos de suas unidades industriais, visando a redução de custos e das emissões do transporte. Em países tradicionais, esta prática diminui em até trinta por cento os custos e as emissões.

O estudo visando à organização e à racionalização das operações do transporte florestal rodoviário poderá representar uma grande economia de recursos para as empresas do setor, bem como aumentar a eficiência operacional e, conseqüentemente, a produtividade dos caminhões (LEITE, 1992).

O transporte rodoviário florestal representa parcela significativa no custo final da madeira posta pátio da fábrica e que, para a minimização desse custo, maneiras eficientes, como pesquisas científicas, devem ser utilizadas, para a obtenção de níveis elevados de eficiência econômica nos setores de exploração e transporte florestal (BRANT, 1984).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo envolveu duas indústrias do segmento de chapas de composição localizadas no estado do Paraná. As duas unidades, além de madeira em toras de Pinus e Eucalyptus, também utilizam no processo cavacos de madeira oriundos de 28 fornecedores, na sua grande maioria, serrarias e laminadoras do Paraná. A demanda anual por madeira em toras para consumo nas duas unidades é de 600 mil toneladas e para cavacos é de 300 mil toneladas

Todos os dados foram coletados com base em planilhas de controle e informações fornecidas pela empresa. Com base nestas informações, elaboramos uma tabela com os diferentes fornecedores, bem como seus respectivos volumes de cavacos de madeira de Pinus e Eucaliyptus entregues nas duas unidades consumidoras e os valores de frete pagos. As fábricas, cada uma com sua demanda anual caracterizam-se como destinos da matéria-prima. Seus fornecedores são fontes de abastecimento ou origens de matéria-prima.

Quadro 1 - VOLUME DE CAVACOS ENTREGUES NAS DUAS UNIDADES FLORESTAIS CONSUMIDORAS NO PERÍODO DE JANEIRO A SETEMBRO DE 2007

	ORIGEM	MUN	UF	DESTINO		VOLUME (t)	TOTAL (R$)	ENTREGAS	
				PBO (R$/t)	MDF (R$/t)			PBO (t)	MDF (t)
1	BATT	RNE	SC	14,55		3.606,99	52.481,70	3.606,99	-
2	BRAS	JAG	PR	40,00		722,74	28.909,60	722,74	-
3	BRAS	JAG	PR		5,00	15.959,56	79.797,80	-	15.959,56
4	BORT	SEN	PR		10,00	1.574,60	15.746,00	-	1.574,60
5	CONG	PGR	PR	23,00		6.369,21	146.491,83	6.369,21	-
6	CONG	CON	PR	12,30		12.288,50	151.148,55	12.288,50	-
7	CONG	PGR	PR		25,00	6.471,47	161.786,75	-	6.471,47
8	CONT	VEN	PR		18,30	7.736,60	141.579,78	-	7.736,60
9	CONT	IBA	PR		23,00	370,73	8.526,79	-	370,73
10	EXPL	CTE	PR	16,80		2.664,78	44.768,30	2.664,78	-
11	IBAI	IBA	PR		23,00	13.140,38	302.228,74	-	13.140,38
12	SULN	VEN	PR		18,30	9.551,02	174.783,67	-	9.551,02
13	KLOC	ITA	SP		13,00	548,40	7.129,20	-	548,40

14	GUAR	SCE	SC		35,12	3.034,83	106.583,23	-	3.034,83
15	SUDA	IBA	PR		23,00	23.662,32	544.233,36	-	23.662,32
16	SUDA	PGR	PR		23,00	2.019,18	46.441,14	-	2.019,18
17	LINE	SEN	PR		10,00	1.481,66	14.816,60	-	1.481,66
18	LINH	SJP	PR	9,73		2.411,73	23.466,13	2.411,73	-
19	LUMB	TUN	PR	27,19		3.028,13	82.334,85	3.028,13	-
20	TUPI	FRG	PR	9,73		1.125,93	10.955,30	1.125,93	-
21	MADE	RNE	PR	14,55		5.698,52	82.913,47	5.698,52	-
22	MONT	PGR	PR	23,00		5.806,14	133.541,22	5.806,14	-
23	RESI	COL	PR	9,00		805,39	7.248,51	805,39	-
24	SGER	PGR	PR	23,00		12.875,73	296.141,79	12.875,73	-
25	STOR	ARA	PR	41,50		479,17	19.885,56	479,17	-
26	STOR	ARA	PR		10,00	69.860,80	698.608,00	-	69.860,80
27	VJRO	ARA	PR	48,00		353,32	16.959,36	353,32	-
28	WOOD	FRG	PR	9,73		4.217,80	41.039,19	4.217,80	-
	DEMANDA					**217.865,63**	**3.440.546,43**	62.454,08	155.411,55

Fonte: Autor

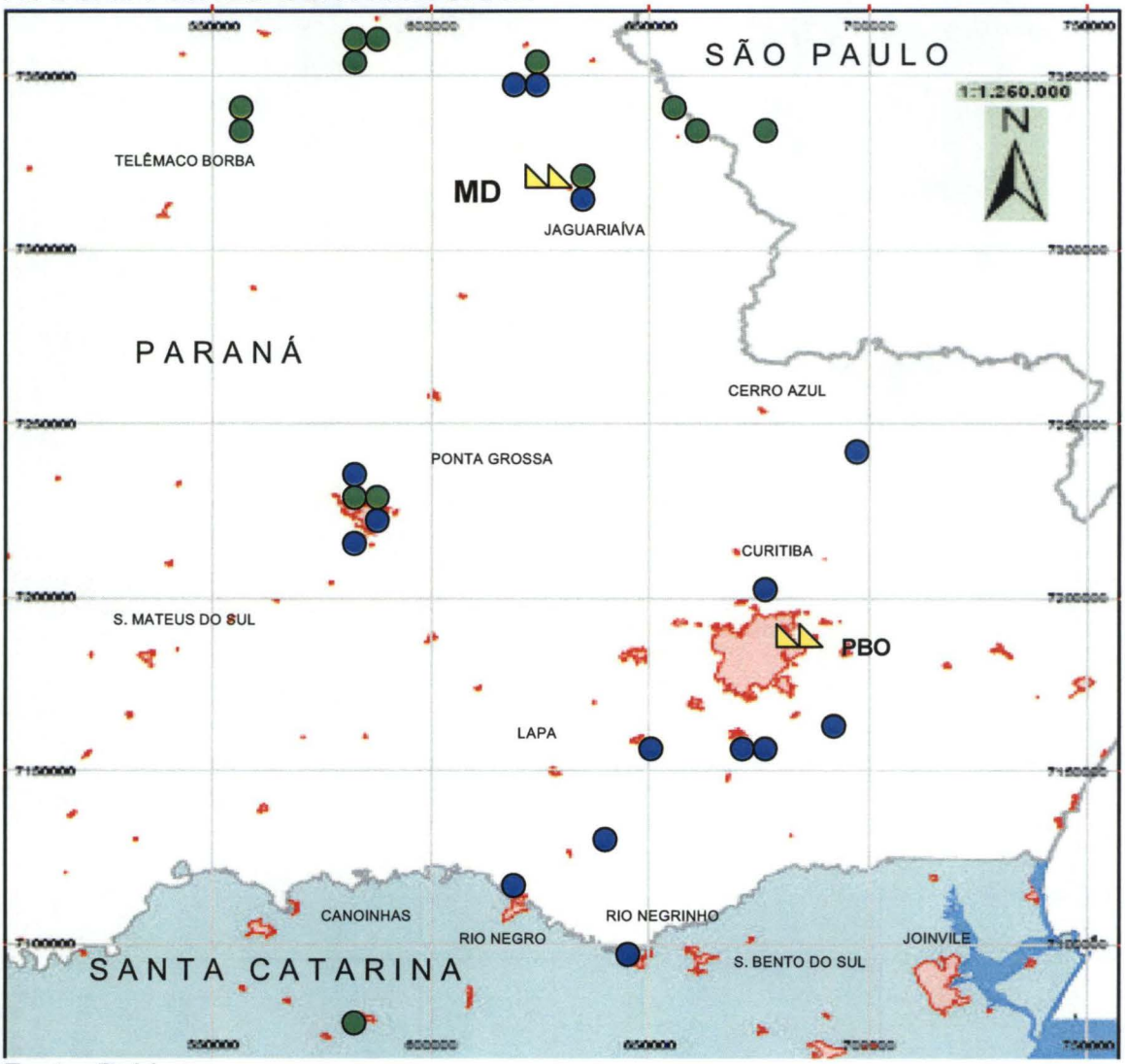
Foi elaborado um mapa representando o raio de atuação das duas unidades consumidoras. Abaixo temos a distribuição espacial dos fornecedores em relação às duas fontes consumidoras, uma localizada em Jaguariaíva e outra em Curitiba, ambas no Paraná.

São quinze as fontes que abastecem a unidade consumidora de Curitiba e treze as que abastecem a unidade consumidora de Jaguariaíva. Os fornecedores representados pela cor azul abastecem a fábrica de Curitiba e os de cor verde, a de Jaguariaíva.

No mapa, está representada a situação real de abastecimento, justamente para demonstrar uma situação anterior à aplicação do Modelo de Transporte. Torna-se possível verificar que existem fornecedores localizados próximos à fábrica de Jaguariaíva, mas que abastecem a fábrica de Curitiba, provavelmente com um custo de frete muito superior.

Alguns fretes têm seus valores baseados em contratos pré-estabelecidos, fazendo com que, nestes casos, a distância da fonte consumidora não seja relevante.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL REAL DOS FORNECEDORES EM RELAÇÃO ÀS DUAS FONTES CONSUMIDORAS.



Fonte: Pohlmann

3.1 Especificação do Modelo de Transporte

O Modelo de Transporte (MT) tem a ver com a elaboração de um plano de custo mínimo para transportar uma determinada mercadoria de várias fontes (pontos de produção) a vários destinos (clientes). Para o caso do transporte florestal estudado, que envolve o transporte de cavaco até as indústrias, o MT tem por objetivo determinar o volume total ótimo de cavaco que deverá ser transportado entre as vinte e oito origens que o produzem e as duas fábricas que o demandam, de maneira a minimizar o custo total de transporte. A finalidade de estudar a aplicação desta técnica baseia-se no fato de que ela está suficientemente bem detalhada na literatura, possui algoritmos específicos para sua resolução e produz resultados satisfatórios para o problema.

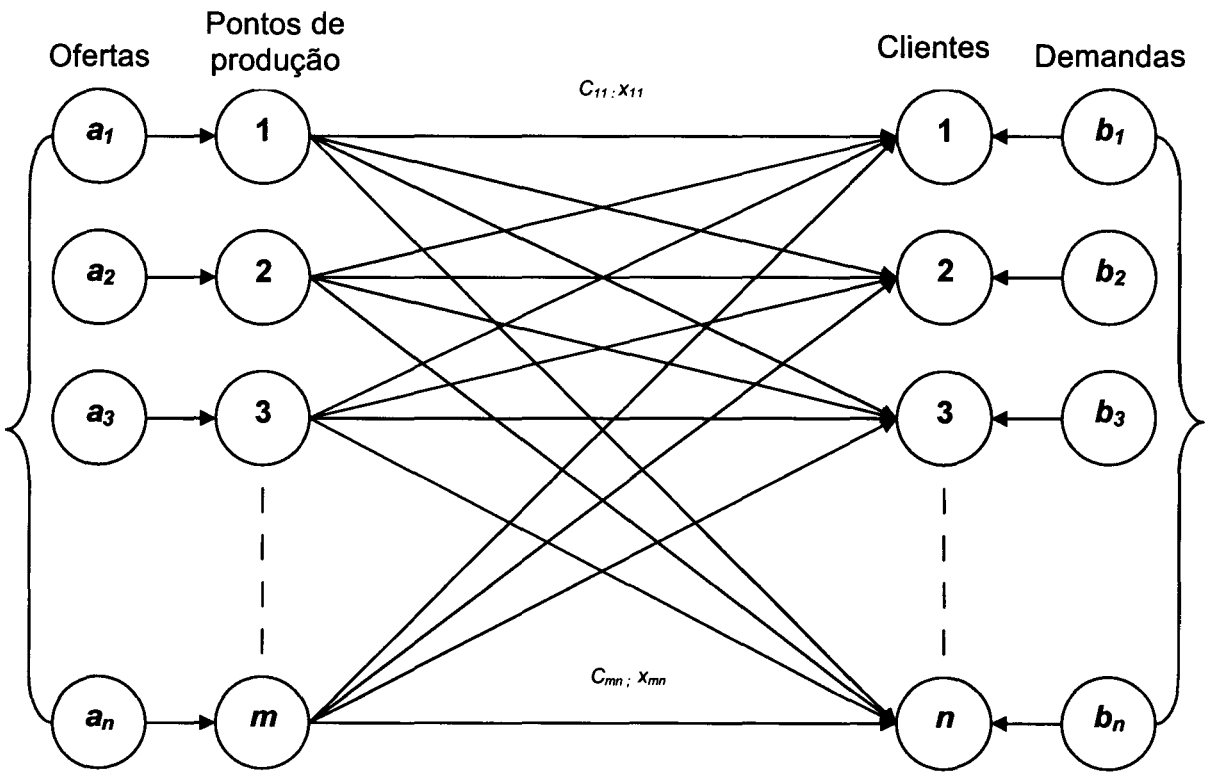
O Modelo de Transporte é basicamente um programa linear que pode ser resolvido através do método simplex regular. Porém, sua estrutura particular torna possível o desenvolvimento de um procedimento de solução, conhecido como Técnica de Transporte, que é mais eficiente em termos de cálculo. Os dados necessários a aplicação da Técnica de Transporte são:

- Quantidade a_{pi} de produto p produzida em cada ponto de produção i;
- Quantidade b_{pj} de produto p requerida para cada cliente j; e,
- Custo c_{ij} de transporte unitário de cada ponto de produção i a cada cliente j.

Como é considerado somente um tipo de produto p por vez, um cliente j pode receber sua quantidade demandada de um ou mais pontos de produção i. O objetivo do modelo é determinar a quantidade ótima que será enviada de cada ponto de produção i a

cada cliente *j*, de maneira que o custo total de transporte seja minimizado. A suposição básica do Modelo de Transporte é que o custo de transporte em uma rota é diretamente proporcional ao número de unidades transportadas. A unidade de transporte utilizada é a toneladas (t). A Figura 1 apresenta o Modelo de Transporte como uma rede com *m* pontos de produção e *n* clientes. Um ponto de produção ou um cliente está representado por um nó. O arco que une um ponto de produção e um cliente representa a rota pela qual pode ser transportado o produto. A quantidade de produto ofertado no ponto de produção *i* é a_i e a quantidade demandada do mesmo produto no cliente *j* é b_j. O custo do transporte unitário entre o ponto de produção *i* e o cliente *j* é c_{ij}.

FIGURA 2. MODELO DE TRANSPORTE REPRESENTADO COMO UMA REDE COM *m* PONTOS DE PRODUÇÃO E *n* CLIENTES.



Fonte: ARCE (1997)

Se x_{ij} representa a quantidade de produto transportada do ponto de produção i até o cliente j, então o modelo geral de PL que representa o modelo de transporte é:

$$\text{minimizar} \quad z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \tag{1}$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le a_i, \qquad i = 1,2,3,...,m \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \ge b_j, \qquad j = 1,2,3,...,n \tag{3}$$

$$x_{ij} \ge 0, \qquad \forall i, \forall j$$

O conjunto de restrições (2) estabelece que a soma dos envios de um ponto de produção não pode ser maior que a quantidade ofertada; de maneira análoga, o conjunto de restrições (3) estabelece que a soma dos envios a um cliente não pode ser menor que a sua quantidade demandada.

O modelo, assim como foi descrito, implica que a quantidade ofertada total $\sum a_i$ deve ser pelo menos igual à quantidade demandada total $\sum b_j$. Quando a quantidade ofertada total é igual à quantidade demandada total $\left(\sum a_i = \sum b_j\right)$, a formulação resultante recebe o nome de modelo de transporte equilibrado. Este modelo difere do anterior somente pelo fato de que todas as restrições são agora equações, ou seja:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_1, \qquad i = 1,2,3,...,m \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, \qquad j = 1,2,3,\ldots,n \tag{5}$$

Na realidade, não podemos esperar que a soma das quantidades ofertadas seja igual ou maior que a soma das quantidades demandadas, pois a quantidade ofertada muitas vezes é inferior a demandada e existe um ponto de equilíbrio ao qual os mercados teoricamente, tendem livremente. Da mesma maneira, o MT sempre pode ser equilibrado. O equilíbrio, além de sua utilidade na representação de determinadas situações práticas, é importante para o desenvolvimento de um método de resolução que explore completamente a estrutura especial do MT. O equilíbrio, ao menos na modelagem do problema, pode ser atingido adicionando ao modelo um ponto de produção fictício se a quantidade demandada for maior do que a quantidade ofertada, ou um cliente fictício, caso contrário.

QUADRO 2 – TABELA COM OS VOLUMES DE CAVACOS ENTREGUES NAS DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS OTIMIZADA PELO MODELO DE TRANSPORTE

	ORIGEM	MUN	UF	DESTINO		VOLUME (t)	TOTAL (R$)	ENTREGAS	
				PBO (R$/t)	MDF (R$/t)			PBO (t)	MDF (t)
1	BATT	RNE	SC	14,55	54,55	3.606,99	52.481,70	3.606,99	-
2	**BRAS**	**JAG**	**PR**	**40,00**	**5,00**	**722,74**	**3.613,70**	**-**	**722,74**
3	BRAS	JAG	PR	40,00	5,00	15.959,56	79.797,80	-	15.959,56
4	BORT	SEN	PR	50,00	10,00	1.574,60	15.746,00	-	1.574,60
5	CONG	PGR	PR	23,00	22,00	6.369,21	146.491,83	6.369,21	-
6	CONG	CON	PR	12,30	45,00	12.288,50	151.148,55	12.288,50	-
7	**CONG**	**PGR**	**PR**	**23,00**	**22,00**	**6.471,47**	**148.843,81**	**6.471,47**	**-**
8	CONT	VEN	PR	58,30	18,30	7.736,60	141.579,78	-	7.736,60
9	CONT	IBA	PR	63,00	23,00	370,73	8.526,79	-	370,73
10	EXPL	CTE	PR	16,80	56,80	2.664,78	44.768,30	2.664,78	-
11	IBAI	IBA	PR	63,00	23,00	13.140,38	302.228,74	-	13.140,38
12	SULN	VEN	PR	58,30	18,30	9.551,02	174.783,67	-	9.551,02
13	KLOC	ITA	SP	62,50	13,00	548,40	7.129,20	-	548,40
14	GUAR	SCE	SC	75,12	35,12	3.034,83	106.583,23	-	3.034,83
15	SUDA	IBA	PR	63,00	23,00	23.662,32	544.233,36	-	23.662,32
16	**SUDA**	**PGR**	**PR**	**23,00**	**23,00**	**2.019,18**	**46.441,14**	**2.019,18**	**-**
17	LINE	SEN	PR	48,00	10,00	1.481,66	14.816,60	-	1.481,66

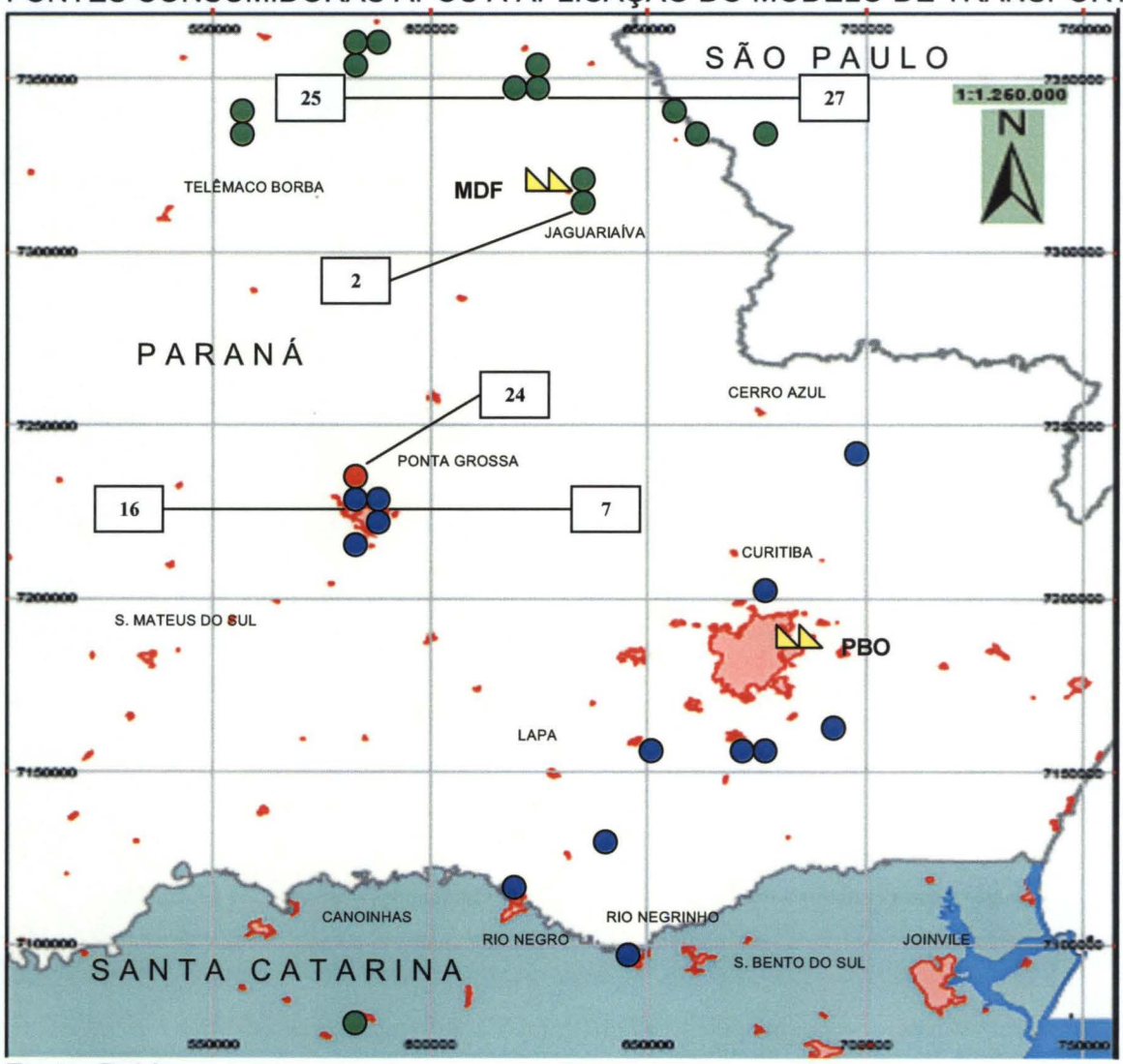
18	LINH	SJP	PR	9,73	32,73	2.411,73	23.466,13	2.411,73	-
19	LUMB	TUN	PR	27,19	57,19	3.028,13	82.334,85	3.028,13	-
20	TUPI	FRG	PR	9,73	49,73	1.125,93	10.955,30	1.125,93	-
21	MADE	RNE	PR	14,55	54,55	5.698,52	82.913,47	5.698,52	-
22	MONT	PGR	PR	23,00	22,00	5.806,14	133.541,22	5.806,14	-
23	RESI	COL	PR	9,00	49,00	805,39	7.248,51	805,39	-
24	**SGER**	**PGR**	**PR**	**23,00**	**22,00**	**12.875,73**	**289.206,37**	**5.940,31**	**6.935,42**
25	**STOR**	**ARA**	**PR**	**41,50**	**10,00**	**479,17**	**4.791,70**	**-**	**479,17**
26	STOR	ARA	PR	41,50	10,00	69.860,80	698.608,00	-	69.860,80
27	**VJRO**	**ARA**	**PR**	**48,00**	**10,00**	**353,32**	**3.533,20**	**-**	**353,32**
28	WOOD	FRG	PR	9,73	49,73	4.217,80	41.039,19	4.217,80	-
	DEMANDA					**217.865,63**	**3.366.852,15**	62.454,08	155.411,55

Fonte: Autor

Após a aplicação do Modelo de Transporte, seis fornecedores tiveram seus destinos alterados, passando a fornecer de uma para outra fábrica. O volume entregue por cada um não sofreu alteração, porém, os valores desembolsados com frete sofreram diminuição em relação à situação real.

Abaixo, os fornecedores que tiveram seus destinos alterados estão numerados conforme no Quadro 2, sendo que os fornecedores números 2, 25 e 27 passaram a transportar da fábrica de PBO para a fábrica de MDF e os fornecedores números 7 e 16 passaram a transportar da fábrica de MDF para a de PBO. Somente o fornecedor número 24 passou a transportar para a duas fábricas, com volumes definidos pelo MT.

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS FORNECEDORES EM RELAÇÃO ÀS DUAS FONTES CONSUMIDORAS APÓS A APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSPORTE



Fonte: Pohlmann

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Solução do Modelo de Transporte

A otimização, ou seja, a diminuição dos custos de frete, foi feita com o Módulo de Otimização, mais especificamente com o Módulo de Transporte do Florexel. No Quadro 2, temos o frete otimizado. Observa-se que os volumes transportados para cada um dos destinos são idênticos aos do cenário real do Quadro 1, ou seja, 62.545,08 t para PBO e 155.411,55 t para MDF. A redução do custo de frete com a otimização foi de R$ 73.694,27 (setenta e três mil seiscentos e noventa e quatro reais e vinte e sete centavos), representando 2,14 % de economia com relação à situação real.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o Modelo de Transporte é eficiente e que sua aplicação reduz o custo de frete. Desta forma, fica comprovado que as rotas de transporte utilizadas pelas fontes distribuidoras de cavacos de madeira não são as mais econômicas.

A redistribuição dos volumes altera as rotas de transporte, reduzindo o desembolso com fretes, sem que o abastecimento das duas fábricas seja alterado ou comprometido.

6 REFERÊNCIAS

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização dos custos**. Curitiba: 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná - UFPR.

BRANDT, S. A. **Análise dos sistemas de transporte de carvão vegetal**. Viçosa: SIF, 1984, p. 77.

COLOMBELLI FILHO, M. Efeito do custo do transporte no preço da madeira. In: SEMINÁRIO PAULISTA DE SILVICULTURA, 1.; 1973, Campinas. **Anais...** Campinas: 1973. p. 98-108.

LEITE, A. M. P. **Análise dos fatores que afetam o desempenho de veículos e o custo de transporte de madeira no distrito florestal do Vale do Rio Doce, MG**. Viçosa – MG: 1992. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa - UFV.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa: UFV, 2000. 167p. il.

MACHADO, C.C. Opiniões 2007. Disponível em www.celuloseonline.com.br/colunista/colunista/asp?IdassuntoMateria=491&ditem Acesso dia 20/02/08

MALINOVSKI, J. R. & FENNER, P. T. **Otimização do transporte de madeira roliça de** Pinus spp. Curitiba: FUPEF/UFPR. 1986, p. 68.

MARTINI, E. L. & BARBOSA L. N. Planejamento Florestal: A importância e da aplicação da programação linear. IN: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL: 1. **Proceedings**. Curitiba: 1988. p. 545-74.

NOCE, R. et al . Análise de risco e retorno do setor florestal: produtos da madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 77-84, 2005

OLIVEIRA, A. J.: a tecnologia da colheita e do transporte florestal. **Revista Opiniões**, 2007.

SALMERON, A. **s.d. Exploração e abastecimento de madeira na Ripasa S/A celulose e papel**. Americana: Ripasa Florestal, p. 30. (1984).

SEIXAS, F. **Uma metodologia de seleção e dimensionamento da frota de veículos rodoviários para o transporte principal de madeira**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 1992.

SILVERSIDES, A. P. Um estudo de tempo e produção na exploração de povoamentos jovens de Douglas-fir com motoserra e "Skidder". **Revista Árvore.** 1978, p. 1-26.

TABOADA, C. M. Logística: o diferencial da empresa competitiva. **Revista FAE Business,** n.2, p. 4-8, 2002.

VALVERDE, S.R. et al . Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 285-293, 2003.