

# UM ENFOQUE LOGÍSTICO COM ANÁLISE DE DEA SOBRE A INTEGRABILIDADE MODAL DA INFRA-ESTRUTURA DA BACIA DO BAIXO JACUÍ

**NILSON TREVISAN TORRES**

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[nilson\\_trevisan@yahoo.com.br](mailto:nilson_trevisan@yahoo.com.br)

**ÉRITO MARQUES DE SOUZA FILHO**

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[eritomarques@yahoo.com.br](mailto:eritomarques@yahoo.com.br)

**MARCOS PEREIRA ESTELLITA LINS**

UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[estellita@pep.ufrj.br](mailto:estellita@pep.ufrj.br)

## Resumo

O presente estudo tem como primeiro objetivo apresentar um Modelo Logístico para a escolha do melhor transporte intermodal, sob o enfoque de custo e de tempo, e como objetivo segundo reiterar a viabilidade da integração sócio-econômica e financeira da infraestrutura navegável já existente na Bacia do Baixo Jacuí, a partir porto de Cachoeira do Sul – RS até os portos de Porto Alegre – RS e Rio Grande - RS. Como objetivo terceiro e final, apresenta-se uma modelagem através da Análise Envoltória de Dados (DEA) para a otimização dos roteiros multimodais nesta região.

**Palavras-Chaves:** Modelo Logístico; Bacia do Baixo Jacuí; hidrovia; porto de Cachoeira do Sul – RS; Análise Envoltória de Dados; otimização dos roteiros multimodais.

## Abstract

The present study has as first goal present a Logistic Model for the choice of the carries intermodal, under the cost focus and of time's, and as objective second reiterate the integration partner viability-economic and financier of the navigable infrastructure already existing in Bacia do Baixo Jacuí, to leave Cachoeira do Sul - RS harbor until the harbors of Porto Alegre – RS and Rio Grande - RS. As objective third and final, it presents-if still a modeling through Data envelopment Analysis (DEA) for the scripts multimodais optimization in this region.

**Keywords:** Logistic Model; basin of Baixo Jacuí; waterway; harbor of Cachoeira do Sul – RS; Data Envelopment Analysis, multimodal routes optimization.

## 1. PROPÓSITO

Em um primeiro momento a pesquisa que serviu de suporte à elaboração deste artigo procurou tornar inteligíveis os processos históricos pelo qual a matriz de transporte brasileira evoluiu. No segundo momento, verificou-se que um dos principais problemas nesta matriz corresponde à distribuição do transporte de carga excessivamente centrada no modal rodoviário, oferecendo roteiros que, em sua grande maioria, demandam ou provém do sul do país onde, além da maior distância, acarretando elevados valores de fretes, contribui para a sobrecarga das estruturas portuárias e aumenta o custo de transporte, impedindo a melhoria da competitividade. Comparativamente, verificou-se uma discrepância ainda mais acentuada na matriz de transporte do Estado do Rio Grande do Sul, que possui uma participação muito expressiva na Balança Comercial brasileira e, apesar da disponibilidade da hidrovia, esta não é utilizada em todo o seu potencial, fato que justifica este trabalho.

Por fim, o escopo deste trabalho visa assessorar os tomadores de decisão com relação ao fomento e investimentos concentrados na ativação do porto de Cachoeira do Sul – RS, embasado em aspectos técnicos, os quais evidenciam as conseqüentes relações para as regiões beneficiadas pela hidrovia. O modelo logístico proposto evidencia, em seus cálculos os custos envolvidos no transporte da soja através dos diversos modais, as relações técnicas em termos de redução de gastos para o produtor, que só poderiam advir com a reativação da malha ferroviária nos trechos compreendidos entre Cachoeira do Sul e Porto Alegre, e ainda a criação de um entroncamento rodo-hidro-ferroviário agroindustrial na cidade de Cachoeira do Sul, devido à posição central estratégica que esta cidade ocupa, localização mediana compreendida entre os produtores de soja, e os pólos exportadores de Porto Alegre e Rio Grande.

É importante esclarecer que a metodologia que será empregada neste trabalho é nova, não tendo sido encontrados na literatura recente trabalhos que inter-relacionam modelos de DEA com modelos logísticos.

## 2. O MODELO LOGÍSTICO PROPOSTO

Para se levantar os custos logísticos ocorridos em uma transferência, deve-se inicialmente elaborar um modelo capaz de representar todas as formas de se transferir este produto. A Figura 1 representa o modelo aqui proposto:

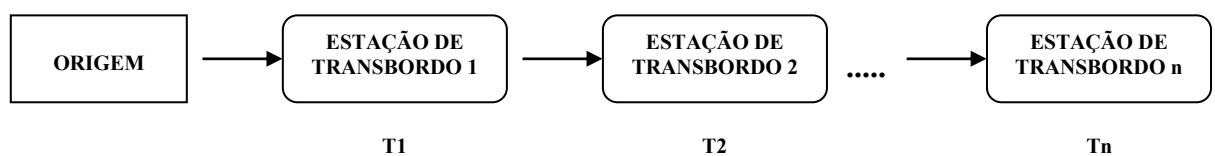


Figura 1 – O Modelo Proposto.

A Lei 9.611, de 19 de fevereiro de 1998, regula o transporte multimodal de cargas e define-o como sendo *aquela que, regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino, e é executado sob a responsabilidade única de um Operador Multimodal, compreendendo além do transporte em si, a unitização, desunitização, movimentação, armazenagem, e entrega de carga ao destinatário e a realização de serviços correlatos que forem contratados entre a origem e o destino, inclusive os de consolidação de documentos*. A lei considera nacional este transporte quando os pontos de embarque e de destino estiverem situados no território nacional e; internacional, quando o ponto de embarque ou de destino estiver situado fora do território nacional.

Tanto nos segmentos nacionais como nos internacionais o órgão responsável pelo Transporte Multimodal no Brasil é o Ministério dos Transportes, ressalvada a legislação vigente e os acordos, tratados e convenções internacionais.

Ainda relacionado ao planejamento da operação logística, consideramos também o estudo a respeito da escolha do modal de transporte. Esse estudo enfoca principalmente a equação entre os tipos de cargas, de embalagens e de transportes. Diversas são as variáveis que entram nesse processo decisório. Relação peso-volume, valor da carga, distância da movimentação, competição inter e intramodal, possibilidade de danos à carga e o custo do serviço (frete mais outras despesas correlatas) são algumas variáveis usualmente consideradas nessa análise.

Enfatiza-se que este estudo de viabilidade econômica, associada à escolha do modal, está atrelada à disponibilidade das facilidades já existentes na Bacia do Baixo Jacuí, como estradas, ferrovias, portos e instalações; de outra forma ocorreria uma transferência de capital dos contribuintes aos produtores que utilizam as facilidades de modais, não havendo a correta remuneração ao setor público investidor, a qual deverá ocorrer através de taxas de manutenção e outros tributos custeados pelas empresas consorciadas aos modais.

Enfim, o transporte multimodal traz à tona o serviço *door-to-door*, ou seja, a excelência em logística de distribuição, bem como a redução nos custos logísticos o que influencia diretamente no custo dos produtos. Devido à disponibilidade de dados, será utilizada a soja, como produto a ser transportado, no modelo proposto.

## 2.1. CÁLCULOS

O mercado de frete rodoviário no Brasil, e em particular o de cargas agrícolas, não sofre nenhum tipo de controle pelo governo, no que diz respeito às atividades de transporte, significando que os preços são formados com base na livre negociação entre a oferta e a procura pelo serviço de transporte, CAIXETA-FILHO et al (1998) [1].

CORREA JR. et al (2001)[2], destacam algumas variáveis que exercem influência complementar sobre o estabelecimento do frete, dentre essas a distância percorrida, os custos operacionais, a possibilidade de obtenção de carga de retorno, a agilidade dos processos de carga e descarga, a sazonalidade da demanda por transporte, a especificidade de carga transportada e do veículo utilizado, as perdas e avarias, as vias utilizadas, o volume e o valor do pedágio, o rigor da fiscalização, o prazo de entrega e alguns aspectos geográficos.

Há uma forte sensibilidade do custo final dos produtos agrícolas associada aos custos do transporte, em função da escolha apropriada do modal. Conforme COOK e CHADDAD (2000)[3], estes impactos têm significativas repercussões nas cadeias agroindustriais, considerando-se a crescente interdependência entre o setor de produção agropecuária e as demais atividades *ex-ante* e *ex-post*.

MELLO (1984)[4] chama atenção para as especificidades que envolvem o agronegócio e os transportes. Dadas algumas peculiaridades da matéria-prima agrícola, como sazonalidade da produção, e, conseqüentemente, sobre a demanda de transporte, precibilidade de seus produtos, forte sensibilidade aos preços internacionais e produção pulverizada espacialmente, as estratégias de aumento de produção agrícola requerem planos concomitantes de escoamento e armazenagem da produção. O comércio agrícola é especialmente sensível a mudanças nos custos de transporte porque estes custos representam normalmente uma grande parcela dos preços finais, particularmente para produtos brutos e não-processados.

Nesta etapa determinar-se-á os elementos de custo que serão analisados. Segundo BALLOU (1993)[5], o custo total do serviço de transporte inclui o frete para transportar a carga, taxas adicionais (como, por exemplo, tributos e taxas de recolhimento da mercadoria no ponto de origem e/ou destino), seguros e preparação ou acondicionamento das mercadorias.

Estes elementos de custo foram considerados presentes em todos os  $n$  trechos de transporte, conforme a **Equação 1**.

$$C_{\text{Transf}} = \sum C_{\text{Frete } i} + \sum C_{\text{Seg } i} + \sum C_{\text{Perda } i} + \sum C_{\text{Icms } i} + \sum C_{\text{Arm } i} + \sum C_{\text{EstTrans } i} + \sum C_{\text{Transb } i}$$

Equação 1 – Custo Logístico Total da Transferência de Produtos.

Será efetuado separadamente o cálculo das distâncias envolvidas nos trajetos considerados, dos custos do frete (embutido o custo do seguro), custo da perda da carga, custo do ICMS, custo do estoque em trânsito e o custo do transbordo<sup>1</sup>. Os trajetos utilizados são reais ou muito próximos da realidade, e as informações de custo são também reais.

### 2.1.1. Trajetos

A título de exemplificação, será demonstrado o cálculo do Custo Logístico Total de uma transferência de produtos, conforme a modelagem aqui proposta. Os problemas escolhidos foram o transporte de soja de Cruz Alta (RS) ao Porto de Rio Grande (RS); Uruguaiana (RS) ao Porto de Rio Grande (RS); e Santana do Livramento (RS) ao Porto de Rio Grande (RS). Foram utilizados trigramas para redução das tabelas. Optou-se pela soja devido à disponibilidade de dados sobre o produto, e pelas rotas citadas acima motivado pela possibilidade de se executar trechos alternativamente hidroviários (Cachoeira do Sul (RS) – Porto Alegre (RS); Cachoeira do Sul (RS) – Rio Grande (RS)) ou alternativamente ferroviário, exclusivamente ou combinado. Considerou-se ainda a existência de estações de transbordo em Cachoeira do Sul (RS) e Porto Alegre (RS). Para efeito apenas dos cálculos de viabilidade, considerou-se a existência do trecho ferroviário entre Porto Alegre – Rio Grande. Também foi considerada a existência do trecho asfaltado entre Rincão dos Cabrais e Cachoeira do Sul, diminuindo a distância rodoviária entre Cruz Alta e o hipotético terminal rodo-hidro-ferroviário de Cachoeira do Sul (RS).

Será feito o comparativo de custos, analisando todos os elementos de custo sugeridos neste trabalho, das seguintes combinações de modais:

### 2.1.2. Cálculo do Valor Agregado (VA) da Soja

O primeiro dado levantado foi o valor agregado do produto em questão; segundo o sistema ALICEWEB do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, em 2005 o valor por tonelada de soja exportada foi de US\$238,14. A conversão para a moeda brasileira foi feita utilizando-se uma relação de 2,5 US\$/R\$, resultando em R\$ 595,35/ton de soja, chegando-se aos seguintes custos médios para a soja:

- **Transporte Rodoviário Interno:** US\$ 0,0276/t.km, equivalente a R\$ 0,069;
- **Transporte Ferroviário Interno:** US\$ 0,0210/t.km, equivalente a R\$ 0,0525;
- **Transporte Hidroviário Interno:** US\$ 0,0170/t.km, equivalente a R\$ 0,0425.

### 2.1.3. Cálculo do Custo do Frete da Soja

Nestes cálculos não foram considerados os custos portuários. As Tabelas 1, 2 e 3 facilitam o entendimento do problema.

#### **TRAJETO 1: CRUZ ALTA – RIO GRANDE**

CUSTO DO FRETE – TRAJETO 1				
Origem	Destino	Modal	Dist (km)	Frete (R\$/ton)
<b>Alternativa 1</b>				<b>58,78</b>
Cruz Alta (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	852	58,78
<b>Alternativa 2</b>				<b>54,68</b>
Cruz Alta (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	310	21,39
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	347	23,94

<sup>1</sup> Estes custos estão representados na equação 1.

<b>Alternativa 3</b>					<b>54,41</b>
Cruz Alta (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	310	21,39	
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35	
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	451	23,67	
<b>Alternativa 4</b>					<b>45,20</b>
Cruz Alta (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	310	21,39	
Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Hidroviário	560,3	23,81	
<b>Alternativa 5</b>					<b>58,40</b>
Cruz Alta (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	310	21,39	
Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	705	37,01	
<b>Alternativa 6</b>					<b>59,79</b>
Cruz Alta (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	1139	59,79	

Tabela 1 – Custo do Frete para o Trajeto 1.

**TRAJETO 2: URUGUAIANA – RIO GRANDE**

<b>CUSTO DO FRETE – TRAJETO 2</b>					
<b>Origem</b>	<b>Destino</b>	<b>Modal</b>	<b>Dist. (km)</b>	<b>Frete (R\$/ton)</b>	
<b>Alternativa 1</b>					<b>68,72</b>
Uruguaiiana (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	996	68,72	
<b>Alternativa 2</b>					<b>64,34</b>
Uruguaiiana (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	454	31,32	
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35	
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	347	23,67	
<b>Alternativa 3</b>					<b>64,34</b>
Uruguaiiana (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	454	31,32	
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35	
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	451	23,67	
<b>Alternativa 4</b>					<b>55,13</b>
Uruguaiiana (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	454	31,32	
Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Hidroviário	560,3	23,81	
<b>Alternativa 5</b>					<b>68,32</b>
Uruguaiiana (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	454	31,32	
Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	705	37,01	
<b>Alternativa 6</b>					<b>73,18</b>
Uruguaiiana (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	1394	73,18	

Tabela 2 – Custo do Frete para o Trajeto 2.

**TRAJETO 3: SANTANA DO LIVRAMENTO – RIO GRANDE**

<b>CUSTO DO FRETE – TRAJETO 3</b>					
<b>Origem</b>	<b>Destino</b>	<b>Modal</b>	<b>Dist. (km)</b>	<b>Frete (R\$/ton)</b>	
<b>Alternativa 1</b>					<b>58,23</b>
Santana do Livramento (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	844	58,23	
<b>Alternativa 2</b>					<b>53,85</b>
Santana do Livramento (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	302	20,83	
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35	
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Rodoviário	347	23,67	
<b>Alternativa 3</b>					<b>53,85</b>
Santana do Livramento (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	302	20,83	
Cachoeira do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Hidroviário	220	9,35	
Porto Alegre (RS)	Rio Grande (RS)	Ferrovário	451	23,67	
<b>Alternativa 4</b>					<b>44,64</b>
Santana do Livramento (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	302	20,83	
Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Hidroviário	560,3	23,81	
<b>Alternativa 5</b>					<b>57,84</b>
Santana do Livramento (RS)	Cachoeira do Sul (RS)	Rodoviário	302	20,83	

Cachoeira do Sul (RS)	Rio Grande (RS)	Ferroviário	705	37,01
<b>Alternativa 6</b>				<b>94,63</b>
Santana do Livramento (RS)	Rio Grande (RS)	Ferroviário	1802,5	<b>94,63</b>

Tabela 3 – Custo do Frete para o Trajeto 3.

Não se considerou o seguro facultativo, por ser este pouco usual para o produto em questão. O seguro obrigatório (RCTR-C) já está embutido no valor do frete fornecido pela fonte utilizada, eliminando-se, portanto, a necessidade de cálculo desta parcela.

#### 2.1.4. Cálculo do Custo da Perda da Carga para a Soja

O custo da perda de carga é calculado sobre o valor agregado da mercadoria, conforme **Equação 2**.

$$C_{\text{Perda}} = VA \cdot I_{\text{perda no modal}}$$

Equação 2 – Custo da Perda da Carga.

Os custos da perda de carga por alternativa de transporte seguem na Tabela 4.

PERDA DA CARGA	
ITINERÁRIO	R\$/ton
Alternativa 1	5,66
Alternativa 2	8,93
Alternativa 3	7,74
Alternativa 4	6,25
Alternativa 5	8,98
Alternativa 6	9,25

Tabela 4 – Custo da Perda da Carga.

#### 2.1.5. Cálculo do Custo do ICMS

O cálculo do custo do ICMS incidente sobre a operação de transporte é feito sobre o valor da prestação do serviço (frete). A alíquota é dependente do Estado de origem e de destino da carga. Para prestações dentro de um mesmo Estado (prestações internas), a alíquota é definida pelo próprio Estado e, dentro do Estado do Rio Grande do Sul, corresponde a 12%.

Cabe ainda ressaltar que é possível considerarmos o trajeto entre dois ou mais modais, para efeitos de incidência do ICMS como trecho a trecho ou efetuar-se o cálculo sobre o trajeto total, neste segundo caso, multimodalidade, exigiria o OTM (Operador de Transporte Multimodal), a quem cabe a responsabilidade pelo transporte da carga da origem até o seu destino final. Nesta situação, viabiliza-se a movimentação de bens por dois ou mais modais com um único conhecimento de transporte, emitido pelo OTM que assume, perante o embarcador e as autoridades fiscais, a responsabilidade total pela operação, da origem ao destino.

Atualmente, no Brasil são raras as empresas que conseguem se credenciar como OTM, já que é exigido das mesmas um capital social de R\$ 2 milhões (conforme Lei nº. 9.611/98). Além disso, existem impasses com relação à questão do pagamento de seguro e cobrança de ICMS que, até o presente momento, não foram resolvidos. Por isso, acredita-se que, atualmente, a melhor forma de representar a realidade é o cálculo do ICMS trecho a trecho.

O valor do ICMS nos percursos, que incide sobre o valor do frete, será de 12%, conforme retrata a Tabela 5.

TRAJETO 1		TRAJETO 2		TRAJETO 3	
VALOR DO ICMS		VALOR DO ICMS		VALOR DO ICMS	
Alternativa 1	7,05	Alternativa 1	8,24	Alternativa 1	6,98
Alternativa 2	6,56	Alternativa 2	7,72	Alternativa 2	6,46
Alternativa 3	6,52	Alternativa 3	7,72	Alternativa 3	6,46
Alternativa 4	5,42	Alternativa 4	6,61	Alternativa 4	5,35
Alternativa 5	7,00	Alternativa 5	8,19	Alternativa 5	6,94
Alternativa 6	7,17	Alternativa 6	8,78	Alternativa 6	11,35

Tabela 5 – Custo do ICMS.

#### 2.1.6. Cálculo do Custo de Armazenagem

Para se analisar alternativas de transporte, o mais relevante quanto a esse tópico, é a armazenagem que ocorre em terminais intermodais ou portuários, pois esta gera um custo diferenciado para cada combinação de modais que executam uma transferência e pode inviabilizar uma alternativa que, segundo os outros elementos de custo, seria mais econômica.

Neste trabalho será considerado para o cálculo dos custos de armazenagem o valor de R\$ 0,05/ton.dia, que foi arbitrado tomando-se como base as taxas portuárias, ferroviárias e rodoviárias. O tempo de armazenagem utilizado será de 5 dias em cada terminal intermodal, resultando nos custos na Tabela 6.

CUSTO DE ARMAZENAGEM	
ITINERÁRIO	R\$/ton
Alternativa 1	-
Alternativa 2	0,5
Alternativa 3	0,5
Alternativa 4	0,25
Alternativa 5	0,25
Alternativa 6	-

Tabela 6 – Valor do Custo de Armazenagem.

### 2.1.7. Cálculo do Custo do Estoque em Trânsito

O cálculo deste custo baseia-se na taxa de imobilização de capital que, na realidade, são os juros da aplicação financeira que se poderia estar utilizando para render o capital. Recomenda-se que esta taxa seja de uma aplicação financeira conservadora, como a Renda Fixa, por exemplo. Aqui neste estudo utilizou-se a taxa sugerida pelo Balanço Anual 2004 da Gazeta Mercantil, de 15,3% ao ano. Os outros parâmetros para o cálculo são o valor agregado da mercadoria e o tempo que a mesma permanece em trânsito, como mostra a Equação 3.

$$C_{\text{EstTrans}} = T_{\text{X IC}} \cdot V_{\text{A}} \cdot (T_{\text{Transp.}} + T_{\text{Transb.}})$$

Equação 3 – Custo de Estoque em Trânsito.

As velocidades médias consideradas nos cálculos forma respectivamente: para a rodovia foi de 50 km/h; para ferrovia, de 25 km/h; e para hidrovía, de 18,50 km/h (equivalente a 10 nós). O tempo de transbordo, incluindo o tempo de armazenagem será considerado como sendo o de 5 dias em cada estação.

### 2.1.8. Cálculo do Custo do Transbordo

Vários estudos realizados no Brasil revelam um elevado padrão de ineficiência na operação de transportes, especialmente nas atividades de carregamento e descarregamento, em que os tempos de espera geralmente são muito altos em relação aos padrões de outros países. Esta característica resulta em custos de transbordo elevados, o que, em muitas situações, acaba inviabilizando uma operação intermodal.

As taxas de transbordo são definidas por cada terminal específico e, em geral, são estabelecidas de acordo com o tipo de acondicionamento do produto.

Já as taxas cobradas por terminais de transbordo rodo-ferroviário, rodo - hidroviário e ferro-hidroviário são difíceis de serem levantadas, uma vez que existem muitos terminais de carregamento e que são valores negociáveis. Mas pode-se considerar que são taxas mais baixas do que as cobradas pelos terminais portuários (maior complexidade na movimentação no porto). No presente estudo, sugere-se as taxas discriminadas na Tabela 7.

TAXAS SUGERIDAS PARA TERMINAIS DE TRANSBORDO	
Tipo de produto	R\$/ton
Granéis	0,25
Carga Geral	0,75

Tabela 7 – Taxas Sugeridas para terminais de Transbordo.

A taxa utilizada para terminais intermodais foi a sugerida anteriormente (R\$0,25/ton para granéis). A taxa de transbordo portuário foi um valor intermediário entre as tarifas cobradas pelos portos de Itajaí e São Francisco do Sul, aqui considerada de R\$ 0,50/ton (granéis); por exemplo, em um itinerário com três modais teremos: **rodovia** - embarque inicial (R\$ 0,25/ton), primeiro desembarque (R\$0,25/ton); **hidrovia** - segundo embarque (R\$ 0,25/ton), segundo desembarque (R\$ 0,25/ton); **rodovia novamente** - terceiro embarque e desembarque final (R\$ 0,25/ton), totalizando R\$ 1,50/ton transportada. Os custos de transbordo para as alternativas, nos diversos trajetos, são apresentados na Tabela 8.

CUSTO DO TRANSBORDO NOS TRAJETOS 1, 2 E 3	
ITINERÁRIO	R\$/ton
Alternativa 1	0,50
Alternativa 2	1,50
Alternativa 3	1,50
Alternativa 4	1,00
Alternativa 5	1,00
Alternativa 6	0,50

Tabela 8 – Cálculos do Custo do Transbordo.

### 2.1.9. Cálculo do Custo Logístico Total

Finalmente somam-se todos os elementos de custo para se ter o Custo Logístico Total de cada alternativa, nos diversos trajetos, conforme mostram as Tabela 9, 10 e 11.

TRAJETO 1 - CUSTOS LOGÍSTICOS EM R\$/TON								
	Frete	Perda de Carga	ICMS	Armazenagem	Est. Transito	Transbordo	Transit Time (Dias/ Horas)	Total (R\$/ton)
Alternativa 1	58,78	5,66	7,05	-	0,16	0,50	17H	72,15
Alternativa 2	54,68	8,93	6,56	0,5	2,56	1,50	11,37 D	74,73
Alternativa 3	54,41	7,74	6,52	0,5	2,67	1,50	12,2 D	73,34
Alternativa 4	45,20	6,25	5,42	0,25	1,44	1,00	6,53 D	56,56
Alternativa 5	58,40	8,98	7,00	0,25	1,49	1,00	6,77 D	77,12
Alternativa 6	59,79	9,25	7,17	-	0,44	0,50	45,56 H	77,15

Tabela 9 – Cálculos do Custo Logístico Total para o Trajeto 1.

TRAJETO 2 - CUSTOS LOGÍSTICOS EM R\$/TON								
	Frete	Perda de Carga	ICMS	Armazenagem	Est. Transito	Transbordo	Transit Time (Dias/ Horas)	Total (R\$/ton)
Alternativa 1	68,72	5,66	8,24	-	0,19	0,50	19,92 H	83,31
Alternativa 2	64,34	8,93	7,72	0,5	2,58	1,50	11,84 D	85,57
Alternativa 3	64,34	7,74	7,72	0,5	2,69	1,50	12,29 D	84,49
Alternativa 4	55,13	6,25	6,61	0,25	1,43	1,00	6,65 D	70,67
Alternativa 5	68,32	8,98	8,19	0,25	1,52	1,00	6,89 D	88,26
Alternativa 6	73,18	9,25	8,78	-	0,54	0,50	55,76 H	92,25

Tabela 10 – Cálculos do Custo Logístico Total para o Trajeto 2.

TRAJETO 3 - CUSTOS LOGÍSTICOS EM R\$/TON								
	Frete	Perda de Carga	ICMS	Armazenagem	Est. Transito	Transbordo	Transit Time (Dias/ Horas)	Total (R\$/ton)
Alternativa 1	58,23	5,66	6,98	-	0,16	0,50	16,89 H	71,53
Alternativa 2	53,85	8,93	6,46	0,5	2,61	1,50	11,98 D	73,85
Alternativa 3	53,85	7,74	6,46	0,5	2,72	1,50	12,44 D	72,77
Alternativa 4	44,64	6,25	5,35	0,25	1,49	1,00	6,8 D	58,98
Alternativa 5	57,84	8,98	6,94	0,25	1,55	1,00	7,03 D	76,56
Alternativa 6	94,63	9,25	14,92	-	0,69	0,50	72,1 H	119,99

Tabela 11 – Cálculos do Custo Logístico Total para o Trajeto 3.

## 2.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MODELO LOGÍSTICO

Os resultados deste trabalho inicial visam assessorar os tomadores de decisão quanto ao/s melhor/res modais para o transporte de seus produtos. No compromisso de custo, o determinante do benefício, mesmo com a imobilização do capital em períodos consideráveis, com uma operação de transbordo com duração de 5 dias, pode-se verificar que, segundo a modelagem proposta, a alternativa de menor custo, em todos os trajetos, foi aquela que combinou o maior trecho de hidrovia com qualquer outro tipo de modal, no caso a Alternativa 4, que se inicia pelo modal rodoviário, e depois prossegue com o modal hidroviário, a partir



do porto de Cachoeira do Sul, até o porto de Rio Grande, com um *Transit Time* entre 6 e 7 dias.

Apesar da proximidade de custos nos diversos trajetos, as Alternativa 2 e 3, teoricamente, deveriam ser mais baratas que a Alternativa 1, por combinarem um modal hidroviário com um rodoviários e um ferroviário/ rodoviário, porém, isto não acontece; pode-se considerar inicialmente que não há economia de retornos de escala para o trecho navegável compreendido somente entre o porto de Cachoeira do Sul até Porto Alegre, e o hipotético trecho ferroviário entre Porto Alegre e Rio Grande seria considerado inviável, também encarecido pela operação de transbordo, o qual ainda gera um *Transit Time* não menor que 11 dias para a carga nos diversos trajetos, utilizando-se os parâmetros considerados.

A Alternativa 6, em todos os trajetos, mostrou-se ser a mais dispendiosa, dada à atual configuração da malha ferroviária do Rio Grande do Sul para as cidades consideradas. A Alternativa 1, apesar de seu elevado custo quando comparada à Alternativa 4, é insuperável no *Transit Time*, sempre inferior à 24H para o Estado do Rio Grande do Sul. Cargas urgentes, ou de fácil perecimento, devem utilizar exclusivamente este modal.

A Alternativa 5, a qual combina o modal rodoviário com o ferroviário, não apresentou resultados satisfatórios em termos de custo, em razão dos fatos já expostos anteriormente.

Neste trabalho, a isenção ou não do ICMS não modificou a ordem de escolha das alternativas, no entanto, na prática, não são raros os caso em que o tributo determina a opção mais econômica.

Deve-se ressaltar que muitas empresas que utilizam o transporte intermodal possuem instalações junto aos terminais intermodais, o que gera uma redução nas tarifas utilizadas para o cálculo. Além disto, o contrato de transporte com os diversos modais costuma ser de longo prazo, o que acarreta reduções também nos fretes. São diversas as particularidades que não foram contempladas nesta macro - análise.

A grande motivação desta Modelagem Logística é evidenciar que a escolha de uma alternativa de transporte exclusivamente baseada no valor do frete pode incorrer em erro. O frete é, de fato, a parcela mais significativa do custo do transporte, porém não é o único, e não deve ser analisado isoladamente.

Diante do exposto, verifica-se que a hidrovía combinada com outros modais, a partir do porto de Cachoeira do Sul, é um excelente negócio para os produtos de baixo valor agregado e pode gerar aos produtores do agronegócio uma economia entre 17,54% a 21,06% em relação ao transporte exclusivamente rodoviário, neste caso prático do Estado do Rio Grande do Sul, dentro dos parâmetros aqui considerados.

### **3. A MODELAGEM DO PROBLEMA UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

O alcance da eficiência operacional é uma meta essencial para a avaliação do desempenho organizacional. Isto não é nenhuma exceção no setor de transportes.

De acordo com Estellita Lins *et al*, 2000[5], o modelo CCR determina uma fronteira CRS (Constant Returns to Scale) que indica que crescimentos proporcionais dos inputs produzirão crescimentos proporcionais dos *outputs*. O modelo VRS (Variable Returns to Scale) diferencia-se do modelo CRS por considerar a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente, gerando uma maior discriminação, e será o modelo utilizado para efeitos comparativos neste trabalho.

Modelos com orientação a *input* indicam que se deseja minimizar a utilização de recursos tal que o nível dos *outputs* não se reduza. Modelos com orientação ao *output* indicam que o objetivo a maximizar os produtos obtidos sem alterar o nível atual dos *inputs*.

DMU são as unidades tomadoras de decisão (Decision Making Units) e, geralmente, são representadas pelas empresas, setores ou instituições a serem avaliadas. Estas devem ser homogêneas, ou seja, atuam no mesmo tipo de negócio ou negócio de mesma natureza,

realizam as mesmas tarefas com os mesmos objetivos e estão trabalhando nas mesmas condições de mercado. As variáveis utilizadas para cada DMU devem ser iguais.

Em sua formulação matemática, considera-se que cada DMU  $k$ ,  $k = 1, \dots, n$ , a uma unidade de produção que utiliza  $n$  *inputs*  $x_{ik}$ ,  $i = 1, \dots, r$ , para produzir  $m$  *outputs*  $y_{jk}$ ,  $j = 1, \dots, s$ . O modelo CCR maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que, para qualquer DMU, este quociente não pode ser maior que 1. Assim, para uma DMU  $o$ ,  $h_o$  é a eficiência;  $x_{io}$  e  $y_{jo}$  são os *inputs* e *outputs* da DMU $_o$ ;  $v_i$  e  $u_j$  são os pesos calculados pelo modelo para *inputs* e *outputs*, respectivamente. A seguir, encontra-se o modelo CCR definido por Cooper *et al*, 2000[6]:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximizar} & h_o = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \\ \text{Sujeito a} & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1 \\ & u_j, v_j \geq 0 \quad \text{qualquer } i, j \end{array}$$

Mediante alguns artifícios matemáticos, o modelo pode ser linearizado, transformando-se em um Problema de Programação Linear (PPL).

Com relação ao modal fluvial/marítimo, os primeiros estudos utilizando-se DEA foram realizados no setor portuário por Roll e Hayuth (1993), que trabalharam com dados hipotéticos e demonstraram como suas eficiências poderiam ser mensuradas. Alguns outros poucos trabalhos nesta linha foram publicados, como, por exemplo, Martinez-Budria *et al.* (1999), que analisaram vinte e seis portos espanhóis no período de 1993 a 1997, em um total de 130 observações, utilizando três *inputs* (despesas com pessoal, taxas de depreciação e outros gastos) e dois *outputs* (total de carga movimentada e receita obtida no aluguel de facilidades). Tongzon (2001), com 16 terminais de diferentes países, utilizou um *output* (TEUs) e seis *inputs* (número de guindastes, número de berços, número de rebocadores, número de funcionários, área do terminal e tempo de espera) para realizar uma análise de suas eficiências. Itoh (2002) analisou a eficiência operacional dos oito maiores terminais de contêineres do Japão, utilizando como número de TEUs movimentados por ano, com os *inputs* divididos em 3 categorias: infra-estrutura (área do terminal e número de berços), superestrutura (número de guindastes) e número de trabalhadores. Turner *et al.* (2004) mediram a eficiência de 26 terminais de contêineres dos Estados Unidos e Canadá entre 1984 a 1997. Os *inputs* escolhidos foram a área do terminal, número de guindastes e tamanho do berço. O *output* considerado foi o número de TEUs movimentados.

Em nosso estudo, inicialmente será apresentado os dados do modelo CRS, por se tratar de uma avaliação mais superficial, porém com um caráter mais discriminatório que o modelo VRS; o modelo VRS, porém, permite um melhor ajuste da fronteira de eficiência, e foi o escolhido para a comparação com o Modelo Logístico. Os modelos foram orientados a *input*, pois se deseja minimizar os recursos utilizados na operação sem que o nível de *output* se reduza.

### 3.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE DEA

Para a análise dos resultados, foi utilizado o programa IDEAL, desenvolvido pela COPPE/UFRJ em 2004, versão 1.2, e que opera sob a plataforma do MATLAB 6.5, pois oferece uma interface gráfica em três dimensões do problema. Inicialmente optou-se pela

visualização dos resultados considerando-se a existência de apenas *inputs*, respectivamente o valor do Custo do Frete (CL1), o somatório dos demais valores de custos (CL2) e o valor do *Transit Time*, com a ativação do recurso de visualização gráfica da Fronteira de Eficiência em 3 dimensões. Considerou-se que esta modelagem não é eficiente, pois implica em redução dos tempos envolvidos (*Transit Time*) nos diferentes modais. As projeções dos diferentes Trajetos com a visualização em 3 dimensões, das DMU Alternativas 1 a 6, estão representadas na Figura 2.

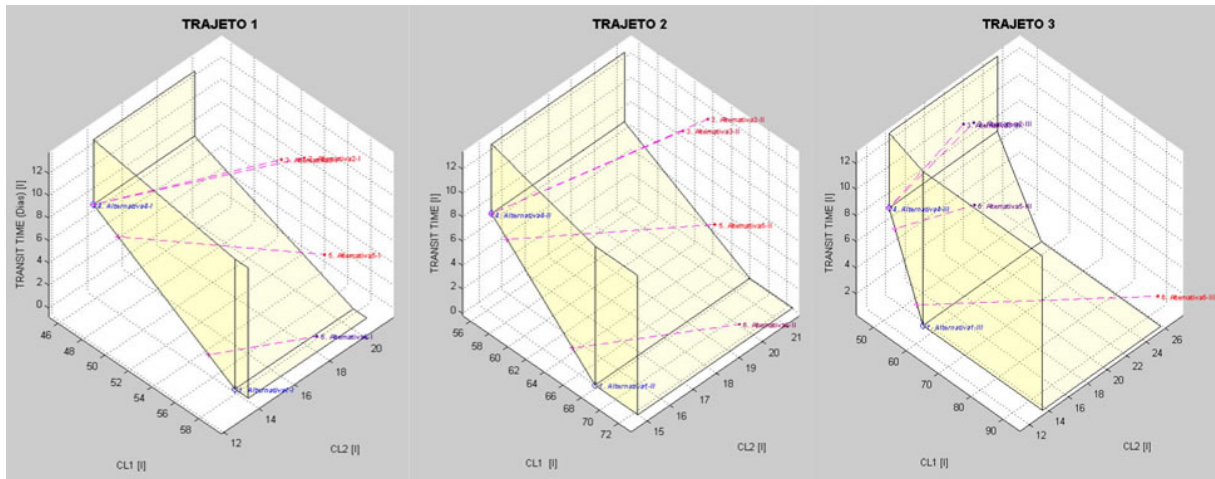


Figura 2 – Projeções da Modelagem Inicial no Programa Ideal.

Por fim, optou-se pela modelagem que considera a existência de dois (02) *inputs*, respectivamente o valor do Custo do Frete (CL1), e o somatório dos demais valores de custos (CL2), e como *output* o inverso do valor do *Transit Time*, que permanecerá constante. As projeções desta modelagem estão representadas na Figura 3.

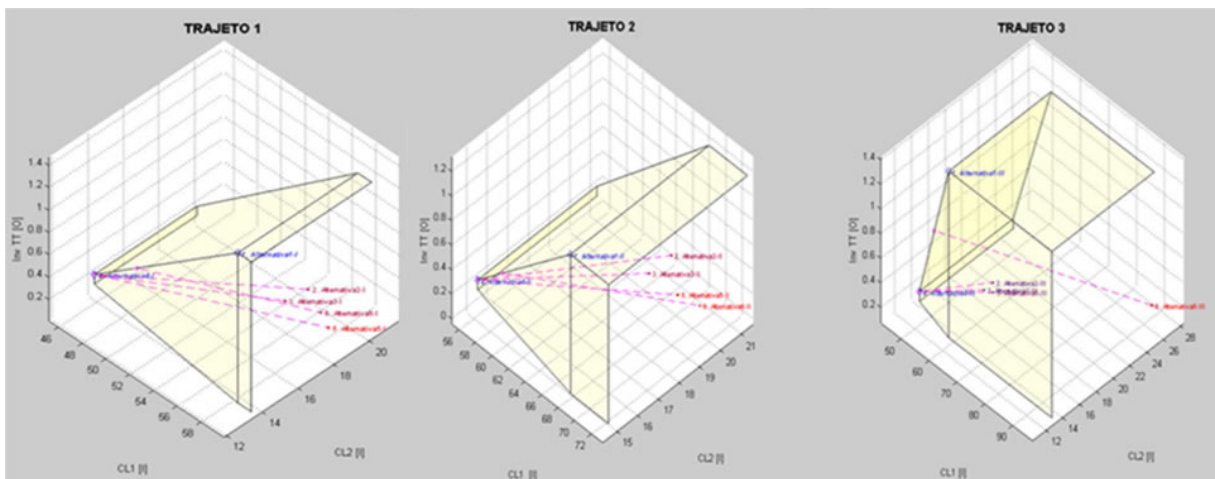


Figura 3 – Projeções da Modelagem Final no Programa Ideal.

### 3.1.1. Interpretação dos Resultados do Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 1

TRAJETO 1	FO	P(CL1)	P(CL2)	P(INV TT)
Alternativa1-I	1	58,78	13,37	1,412429
Alternativa2-I	0,826628	45,2	14,36	0,153139
Alternativa3-I	0,83073	45,2	14,36	0,153139
Alternativa4-I	1	45,2	14,36	0,153139
Alternativa5-I	0,773973	45,2	14,36	0,153139
Alternativa6-I	0,823386	49,23026	14,06619	0,52687

Tabela 12 – Projeção de Eficiência do Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 1

Da análise da Projeção de Eficiência para o Trajeto 1 (Tabela 12) pode-se concluir que o Modelo VRS/E/I/N, sugere que:

- A DMU **Alternativa 2** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 54,68/ ton (valor original) para **R\$ 45,20/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 20,05/ ton (valor original) para **R\$ 14,36/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 3** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 54,41/ ton (valor original) para **R\$ 45,20/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 18,93/ ton (valor original) para **R\$ 14,36/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 5** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 58,40/ ton (valor original) para **R\$ 45,20/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 18,72/ ton (valor original) para **R\$ 14,36/ ton** para ser considerada eficiente; e
- A DMU **Alternativa 6** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 59,79/ ton (valor original) para **R\$ 49,23/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 17,36/ ton (valor original) para **R\$ 14,06/ ton** para ser considerada eficiente.

### 3.1.2. Interpretação dos Resultados do Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 2

TRAJETO 2	FO	P(CL1)	P(CL2)	P(INV TT)
Alternativa1-II	1	68,72	14,59	1,204819
Alternativa2-II	0,856854	55,13	15,54	0,150376
Alternativa3-II	0,856854	55,13	15,54	0,150376
Alternativa4-II	1	55,13	15,54	0,150376
Alternativa5-II	0,806938	55,13	15,54	0,150376
Alternativa6-II	0,802679	58,74004	15,28764	0,430478

Tabela 13 – Projeção de Eficiência do Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 2

Da análise da Projeção de Eficiência para o Trajeto 2 (Tabela 13) pode-se concluir que o Modelo VRS/E/I/N, sugere que:

- A DMU **Alternativa 2** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 64,34/ ton (valor original) para **R\$ 55,13/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 21,23/ ton (valor original) para **R\$ 15,54/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 3** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 64,34/ ton (valor original) para **R\$ 55,13/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 20,15/ ton (valor original) para **R\$ 15,54/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 5** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 68,32/ ton (valor original) para **R\$ 55,13/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 19,94/ ton (valor original) para **R\$ 15,54/ ton** para ser considerada eficiente; e
- A DMU **Alternativa 6** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 73,18/ ton (valor original) para **R\$ 58,74/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 19,07/ ton (valor original) para **R\$ 15,28/ ton** para ser considerada eficiente.

### 3.1.3. Interpretação dos Resultados do Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 3

TRAJETO 3	FO	P(CL1)	P(CL2)	P(INV TT)
Alternativa1-III	1	58,23	13,3	1,420959
Alternativa2-III	0,828969	44,64	14,34	0,147059

Alternativa3-III	0,828969	44,64	14,34	0,147059
Alternativa4-III	1	44,64	14,34	0,147059
Alternativa5-III	0,771784	44,64	14,34	0,147059
Alternativa6-III	0,544638	51,53914	13,81203	0,79377

Tabela 14 – O Modelo VRS/E/I/N – Trajeto 3

Da análise da Projeção de Eficiência para o Trajeto 3 (Tabela 14) pode-se concluir que o Modelo VRS/E/I/N, sugere que:

- A DMU **Alternativa 2** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 53,85/ ton (valor original) para **R\$ 44,64/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 20,00/ ton (valor original) para **R\$ 14,34/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 3** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 53,85/ ton (valor original) para **R\$ 44,64/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 18,92/ ton (valor original) para **R\$ 14,34/ ton** para ser considerada eficiente;
- A DMU **Alternativa 5** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 57,84/ ton (valor original) para **R\$ 44,64/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 18,72/ ton (valor original) para **R\$ 14,34/ ton** para ser considerada eficiente; e
- A DMU **Alternativa 6** deveria reduzir o preço do Custo de seu Frete de R\$ 94,63/ ton (valor original) para **R\$ 51,53/ ton**, e reduzir ainda o somatório dos demais valores de Custos de R\$ 25,36/ ton (valor original) para **R\$ 13,81/ ton** para ser considerada eficiente.

### 3.2. CONCLUSÕES SOBRE OS RESULTADOS DE DEA

A Análise Envoltória de Dados (DEA) surge como uma poderosa ferramenta que complementa a metodologia abordada, pois em um primeiro momento avalia as eficiências comparativas das DMU analisadas, e fornece subsídios para os tomadores de decisões verificarem qual o custo limite de transporte onde seria indiferente utilizar vários modais ou exclusivamente um deles, exatamente onde as eficiências se igualam. Em um segundo momento, a DEA ratifica as prioridades estabelecidas pela logística, levando-se em consideração os diversos custos envolvidos em um transporte modal ou intermodal.

Proceder-se-á ao estudo dos resultados da Logística, relacionando-os com os de DEA, e obtendo-se respostas objetivas às perguntas dos tomadores de decisão do transporte intermodal.

Utilizando-se os dados fornecidos pelo modelo VRS, comparados com os resultados logísticos do Trajeto 1 - Tabela 9, pode-se ratificar a ordem de prioridades, chegando-se aos resultados da Tabela 15 – em vermelho estão representadas as projeções de DEA na região Pareto - Eficiente.

Trajeto 1							
Logística				DEA			
Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)	Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)
1	4	6,53D	56,56	1	4	6,53D	59,56
2	1	0,708D	72,15	2	1	0,708D	72,15
3	3	12,2D	73,34	3	3	12,2D	59,56
4	2	11,37D	74,73	4	2	11,37D	59,56
5	5	6,77D	77,12	5	5	6,77D	59,56
6	6	1,89D	77,15	6	6	1,89D	63,29

Tabela 15 – Resultados Finais do Trajeto 1

A Tabela 16 representa os resultados para o Trajeto 2; a Tabela 17 para o Trajeto 3.

Trajeto 2							
Logística				DEA			
Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)	Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)
1	4	6,65D	70,67	1	4	6,65D	70,67
2	1	0,83D	83,31	2	1	0,83D	83,31
3	3	12,29D	84,49	3	3	12,29D	70,67
4	2	11,84D	85,57	4	2	11,84D	70,67
5	5	6,89D	88,28	5	5	6,89D	70,67
6	6	2,32D	92,25	6	6	2,32D	74,02

Tabela 16 – Resultados Finais do Trajeto 2

Trajeto 3							
Logística				DEA			
Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)	Prioridade	Alternativa	Transit Time (H/dias)	Custo logístico Total (R\$/ ton)
1	4	6,8D	58,98	1	4	6,8D	58,98
2	1	0,703D	71,53	2	1	0,703D	71,53
3	3	12,44D	72,77	3	3	12,44D	58,98
4	2	11,98D	73,85	4	2	11,98D	58,98
5	5	7,03D	76,56	5	5	7,03D	58,98
6	6	3,004D	119,99	6	6	3,004D	65,35

Tabela 17 – Resultados Finais do Trajeto 3

#### 4. CONCLUSÕES

A experiência mundial aponta com clareza que o transporte de baixo frete, principalmente fluvial, cria, em sua área de influência, condições para o desenvolvimento auto-sustentado, baseado na própria economia e na manutenção do meio ambiente, favorecendo a fixação industrial, agrícola, de serviços e de empreendimentos turísticos, agregando valor ao trabalho e qualidade de vida ao homem.

O transporte hidroviário apresenta vantagens econômicas em relação aos outros meios de transporte especialmente para cargas não perecíveis. Segundo os cálculos já realizados, para se transportar 1 tonelada de carga não perecível por mil quilômetros, o frete hidroviário sai por US\$ 14,00. Em ferrovias, por sua vez, o custo pode chegar a US\$ 30,80 e, por estradas, a US\$ 75,60 para os mesmos volume e distância. Cada comboio composto por 4 barcaças transporta 6 mil toneladas - o equivalente à capacidade de 200 carretas, mas com gastos com combustíveis 20 vezes menores.

Deste estudo, extrai-se que o entroncamento rodo-hidro-ferroviário em Cachoeira do Sul – RS é viável, tanto no tocante aos aspectos econômicos, pois melhoraria a competitividade dos produtos agroindustriais gaúchos, com uma conseqüente economia de escala, bem como nos aspectos sociais e turísticos, pois proporcionaria o desenvolvimento das regiões lindeiras ao rio Jacuí. Esta metodologia quantitativa e comparativa dos custos envolvidos no transporte intermodal fornece, inclusive, subsídios técnicos aos produtores da região para buscarem custos de transporte equivalentes em termos de eficiência, ou seja, custos onde seria indiferente utilizar vários ou exclusivamente um modal, assegurando preços competitivos aos seus produtos.

Conforme LIEB (1978)[8], devido às diferentes características entre os modais, como custos e outros aspectos qualitativos, pode ser economicamente desejável que entre a origem e o destino de um determinado produto sejam utilizadas mais que uma modalidade de transporte, aproveitando as vantagens inerentes a cada uma delas, o que resulta num serviço de menor custo e/ou de melhor qualidade. A complementação entre as modalidades de

transporte envolvidas num sistema intermodal implicará atividades de transbordo, isto é, recursos humanos e equipamentos para transferir as mercadorias de um meio de transporte para outro. Justifica-se, pelo critério qualidade, as prioridades estabelecidas pela DEA.

Assim a intermodalidade, de acordo com FLEURY (2002)[9], além de nortear os investimentos no setor dos transportes, contribui para redução dos custos, uma vez que os custos com transporte ferroviário e hidroviário são menores que os custos rodoviários, ocorrendo uma tendência a se substituir o transporte rodoviário de longa distância por transportes alternativos, o que deve implicar em aumento da competitividade da soja no mercado internacional de grãos, assim como também na sua participação nas exportações mundiais.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] CAIXETA FILHO, J. V. et al. *Competitividade no agribusiness: a questão do transporte em um contexto logístico*. In: FARINA, E. M. Q.; ZYLBERSZTAJN, D. (Org.). *Competitividade no agribusiness brasileiro*. São Paulo: USP/PENSA, 1998. v.6, parte c.
- [2] CORREA JÚNIOR, G. et al. *Oferta de transportes: fatores determinantes do valor do frete e o caso das centrais de carga*. In: CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo: Atlas, 2001.
- [3] COOK, M. L.; CHADDAD, F. R. *Agroindustrialization of the global agrifood economy: bridging development economics and agribusiness research*. *Agricultural Economics*, Amsterdam: Elsevier, v.23, p.207-218, 2000.
- [4] MELLO, J. C. *Transportes e desenvolvimento econômico*. Brasília: EBTU, 1984.
- [5] COOPER, WILLIAM W.; SEIFORD, LAWRENCE M.; TONE, KAORU, *Data Envelopment Analysis, A comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- [6] LINS, MARCOS PEREIRA ESTELLITA; MEZA, LIDIA ANGULO, *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- [7] BALLOU, RONALD H. *Logística Empresarial*, São Paulo, 1993.
- [8] LIEB, R. C. *Transportation: the domestic system*. Reston: Reston Publishing Co., 1978. cap.7.
- [9] FLEURY, P.F. *Gestão Estratégica do Transporte*, 2002. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>>. Acesso em: Abril, 2006.