

# **A INTERMODALIDADE NO ESCOAMENTO DE ARROZ NO CORREDOR VALE DO JACUÍ (RS) - REGIÃO DOS LAGOS (RJ)**

Luís Otávio de Marins Ribeiro<sup>1</sup>, Marco Aurélio Carino Bouzada<sup>2</sup>

**RESUMO:** A intermodalidade de transportes pode reduzir custos nas operações logísticas, mas também alterar outros indicadores de desempenho da operação. Este trabalho tem como objetivo analisar as vantagens e desvantagens oriundas do uso da intermodalidade no transporte de carga em uma situação específica (transporte de arroz no corredor Vale do Jacuí/RS – Região dos Lagos/RJ), aplicando a Simulação como ferramenta de teste e verificando sua adequação à situação estudada. Foram modeladas, testadas e comparadas as situações unimodal (caminhão) e intermodal (caminhão-trem-navio). Os resultados demonstraram o vantajoso potencial de utilização da prática em questão e a adequação da metodologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Intermodalidade. Logística. Simulação. escoamento de Arroz.

## **THE INTERDEPENDENCE IN THE RICE OUTFLOW ALONG THE CORREDOR VALE DO JACUÍ (RS) - REGIÃO DOS LAGOS (RJ)**

**ABSTRACT:** Transport interdependence may reduce costs in logistics operations, but it may also change other operational performance indicators. This work aims to analyse the advantages and disadvantages in the use of interdependence in a specific freight transport situation (rice outflow along Corredor Vale do Jacuí/RS – Região dos Lagos/RJ), using Simulation as the testing tool and checking how suitable it might be to the situation in particular. The unimodal (truck) and intermodal (truck-train-ship) situations were modelled, tested and compared. The results revealed the beneficial potential of this practise and its methodological adequacy.

**KEYWORDS:** Interdependence. Logistics. Simulation. Rice outflow.

### **1 INTRODUÇÃO**

Tem sido exposto que o escoamento da produção no Brasil não funciona adequadamente, seja pelo estado de má conservação das estradas, seja por não existir outro modal com a mesma disponibilidade do rodoviário, que possa escoar esta produção. Em parte por falta de infraestrutura adequada para a utilização mais efetiva de outros modais, o país pode se considerar dependente da modalidade rodoviária de transporte de carga.

---

1 Mestre em Administração e Desenvolvimento Empresarial (UNESA). Professor da UNESA.

2 Mestre e Doutor em Administração (COPPEAD/UFRJ). Professor da UNESA, ESPM, COPPEAD e IBMEC.

E essa dependência acaba fortalecendo politicamente e com mais poder de barganha os responsáveis pela indústria de transporte rodoviário, que se beneficiam com a situação atual.

É possível citar como exemplo a produção de soja, que de certa forma possui estimativa previsível de quantidade e época da colheita. Constituem-se verdadeiros “trens rodoviários”, ou seja, filas de caminhões para se escoar a produção. Essas filas poderiam ser facilmente substituídas por trens de carga. No entanto, como a malha ferroviária brasileira está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, seria necessária a utilização de outros modais que permitissem acessar as demais regiões. Estes modais poderiam ser o rodoviário e o hidroviário, por exemplo. Na verdade, não é preciso que o transporte de carga fique restrito a uma modalidade apenas de transporte, já que cada um delas apresenta diferentes vantagens, tornando-se mais adequada, portanto, a trechos, circunstâncias e situações específicas.

Assim, parece natural indagar se seria possível reduzir os custos com o uso da intermodalidade de transporte. Formalizando, então, a questão norteadora do estudo: seria possível reduzir os custos logísticos de transportes, para uma grande quantidade de carga e em um longo percurso, com o uso da intermodalidade de transporte, sem impactar de forma significativamente prejudicial a qualidade do nível de serviço? Em outras palavras, este trabalho se propõe a analisar as vantagens e desvantagens oriundas do uso da intermodalidade no transporte de carga em uma situação específica.

A intermodalidade entre dois e três modais já é utilizada em alguns casos. Não obstante, é preciso saber se ela é realmente viável em relação ao custo. Para ajudar na busca por essa resposta, este artigo propõe a utilização e validação da Simulação, uma vez que esta ferramenta já é utilizada em estudos logísticos com bastante frequência (conforme pode ser visto na seção 2.3 a seguir). Ela foi utilizada para ajudar a verificar as reais possibilidades de redução dos custos – e potenciais impactos em outros atributos do serviço – com a utilização conjunta de diferentes modais. Desta forma, a sugestão consiste em dividir os percursos mais longos entre diferentes modais e, assim, utilizar as vantagens de cada um para cobrir as desvantagens apresentadas pelo outro.

A próxima seção do artigo – Revisão de Literatura – visita a teoria sobre: modais de transporte e intermodalidade (tema da pesquisa); a atividade de transportes no agronegócio (setor em que foi desenvolvida a pesquisa) e Simulação aplicada à Logística (ferramenta utilizada na pesquisa). A seção de Metodologia apresenta o mecanismo metodológico da pesquisa, específica e delimita o modelo utilizado e apresenta detalhes da sua construção. A seção seguinte apresenta os resultados obtidos e propõe uma discussão a seu respeito e a última seção abre espaço para as conclusões e considerações finais.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Modais de Transporte e Intermodalidade/Multimodalidade**

Segundo Monteiro (1997, p. 11), “existem cinco modais de transporte: (1) Rodoviário; (2) Aeroviário; (3) Ferroviário; (4) Hidroviário e (5) Através de dutos”.

Segundo Mendonça e Keedi (1997, p. 26), “atualmente os tipos de modais utilizados são o rodoviário e o ferroviário, que formam o complexo terrestre; o marítimo, fluvial e lacustre, que são o complexo aquaviário; o aéreo e o dutoviário”.

Para Gomes e Ribeiro (2004, p. 88), o modal rodoviário “é o mais expressivo no transporte de carga no Brasil, atingindo praticamente todos os pontos do território nacional”. Ele ainda afirma que este modal possui um ponto crítico: o alto valor do frete.

“Não existem dúvidas sobre a relevância do transporte ferroviário para o desenvolvimento do Brasil, porém algumas regras estabelecidas não favorecem a melhoria da eficiência operacional” (SOUSA; OLIVEIRA; RESENDE, 2009, p. 1).

Não obstante, a evolução da malha de transporte brasileira de 1969 até 2009 demonstrou uma sequência de reduções da malha ferroviária, chegando a 14,5%. No mesmo período, a malha rodoviária cresceu 180% (PAUL; RODRIGUES, 2009).

Historicamente, segundo Alban (2002), em 1888 foi outorgada a primeira concessão portuária a investidores privados, no caso o Porto de Santos. Ballou (1993, p. 129), afirma que “o serviço hidroviário tem sua abrangência limitada por diversas razões. As hidrovias domésticas estão confinadas ao sistema hidroviário interior, exigindo, portanto, que o usuário esteja localizado em suas margens ou utilize outro modal de transporte”.

Conforme Gomes e Ribeiro (2004, p. 91), “[...] o serviço hidroviário ainda é mais lento que o ferroviário”, ratificando, assim, a necessidade de integração entres os modais, conforme coloca Ballou (1993).

Este último (1993, p. 130) afirma que “o transporte dutoviário oferece um rol muito limitado de serviços e capacidade. [...]. O petróleo bruto e derivados são os principais produtos que têm movimentação economicamente viável por dutos”.

O modal aéreo só é viável em termos de urgência ou para transporte de itens com um alto valor unitário. Por ser um modal com tempo de entrega bem pequeno, possui um mercado específico (GOMES; RIBEIRO, 2004).

Ballou (1993), na Tabela 1, e Bowersox e Closs (2001), na Tabela 2, apresentam a comparação entre as características mais relevantes dos modais de transportes, dando assim uma visão das diferenças entre eles, possibilitando uma melhor decisão em relação a que modal utilizar e em que momento.

Tabela 1 – Classificação relativa de custos e de desempenho operacional dos diversos modais de transportes<sup>a</sup>

		DESEMPENHO			
		Variabilidade dos tempos de entrega			
Modal de transporte	Custo <sup>b</sup> 1º = Máximo	Tempo médio de entrega <sup>c</sup> 1º = Mínimo	Absoluto 1º = Mínimo	Percentual <sup>d</sup> 1º = Mínimo	Perdas e danos 1º = Mínimo
Ferroviário	3º	3º	4º	3º	5º
Rodoviário	2º	2º	3º	2º	4º
Hidroviário	5º	5º	5º	4º	2º
Dutoviário	4º	4º	2º	1º	1º
Aeroviário	1º	1º	1º	5º	3º

a Assume-se disponibilidade do serviço.

b Custo por tonelada-milha.

c Velocidade porta a porta.

d Razão entre a variação absoluta do tempo de entrega e o tempo médio de entrega.

Fonte: Adaptação de Ballou (1993)

Tabela 2 – Comparação das principais características dos modais

	FERROVIÁRIO	RODOVIÁRIO	MARÍTIMO	DUTOVIÁRIO	AÉREO
Velocidade	3º	2º	4º	5º	1º
Disponibilidade	2º	1º	4º	5º	3º
Dependência	3º	2º	4º	1º	5º
Capacidade	2º	3º	1º	5º	4º
Frequência	4º	2º	5º	1º	3º
Custo fixo	4º	1º	2º	5º	3º
Custo Variável	3º	4º	2º	1º	5º

Fonte: Adaptação de Bowersox e Closs (2001)

Na comparação direta com Regiões de dimensões parecidas, pode-se perceber uma maior concentração, no Brasil, no modal rodoviário, em detrimento principalmente dos modais hidroviário/cabotagem e ferroviário, conforme a Tabela 3, apresentado no Fórum Internacional de Logística (2011).

Tabela 3 – Comparativa das matrizes de transporte em diversas regiões

Modal	Brasil (2008)	EUA (2008)	UE (2008)	China (2007)
Rodoviário	65,6%	28,9%	46%	11,2
Ferroviário	19,5%	38%	11%	23,5%
Hidroviário	1,77%	6,8%	4%	15,4%
Cabotagem	9,59%	4,6%	37%	48,0%
Dutoviário	3,8%	21,5%	3%	1,8%
Aeroviário	0,05%	0,3%	0%	0,1%

Fonte: Fórum Internacional de Logística (2011)

Recentemente, houve renovado interesse de integrar os serviços de mais de um modo de transporte. Uma característica importante do serviço integrado é a livre troca de equipamentos entre os diversos modais. Por exemplo, uma carreta rodoviária (*trailer*) é embarcada em um avião ou vagão ferroviário, que é transportado por um navio. Este intercâmbio de equipamentos cria serviços que usam mais de um modal de transporte, ou seja que praticam a intermodalidade ou a multimodalidade (BALLOU, 1993).

De acordo com o autor, o palete se tornou popular, devido à sua eficiência e flexibilidade em unitizar cargas, facilitando tanto o manuseio interno quanto a sua distribuição.

A ideia de integrar os serviços de mais de um modo de transporte traz como característica marcante a livre troca de equipamentos entre os diversos modais. Ainda, já há bastante tempo, a multimodalidade está relacionada ao contêiner, que é um apropriado instrumento para esse tipo de transporte em face da facilidade no seu manuseio na troca de veículos transportadores (DEMARIA, 2004).

O contêiner-padrão é uma peça de equipamento que é transferível para todos os modais de transporte de superfície, com exceção dos dutos. Como a carga em contêineres evita remanejamentos custosos de pequenas unidades de carga nos pontos de transferência intermodal e oferece serviço porta a porta quando combinado com caminhões, empresas de navegação agora têm navios porta-contêineres, de forma que serviços integrados navio-caminhão podem ser oferecidos (BALLOU, 1993, p. 132).

A intermodalidade caracteriza-se pela emissão individual de documento de transporte para cada modal, bem como pela divisão de responsabilidade entre os transportadores. Na multimodalidade, ao contrário, existe a emissão de apenas um documento de transporte cobrindo o trajeto total da carga, do seu ponto inicial (origem do embarque) ao seu ponto de destino (desembarque), ficando o operador multimodal responsável por todo o transporte (MENDONÇA; KEEDI, 1997; KEEDI, 2001; DEMARIA 2004).

Demaria (2004, p. 56) afirma que “o Brasil dispôs a Lei Nº 9.611/98, que tem o objetivo de reger o Transporte Multimodal de Cargas e que, além disso, criou a figura imprescindível do Operador de Transporte Multimodal”.

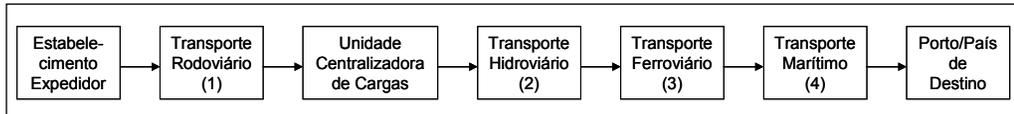
Para Lopez (2000), o Operador de Transporte Multimodal (OTM) é a pessoa jurídica que pratica contratos de transporte multimodal, nos quais atua como principal integrador dos modais envolvidos, podendo ser ou não um transportador. Ele assume a responsabilidade pela execução desses contratos, pelos prejuízos resultantes de perda, danos ou avaria das cargas sob sua custódia, assim como pelos prejuízos decorrentes de atraso em sua entrega, sempre que houver prazo acordado.

A função de Operador de Transporte Multimodal deve ser ocupada por um Operador Logístico. Desta forma, além da realização das atividades necessárias para o reconhecimento como Operador Logístico, dois outros pontos são considerados importantes por Novaes (2001): o grau de sofisticação e avanço nas empresas prestadoras de serviço; e a oferta dos serviços de maneira coordenada e integrada.

Na Figura 1, é possível verificar os passos em uma operação multimodal. Esses passos começam no estabelecimento do expedidor, passando por um transporte rodoviário, por

uma unidade de centralização de cargas, seguindo pelos transportes hidroviário, ferroviário e, por último, até o destino por marítimo. A movimentação das cargas entre o estabelecimento do expedidor e o próximo terminal a ser utilizado normalmente é realizada por caminhões, na medida em que a maioria dos estabelecimentos expedidores não está localizada junto aos terminais. Para essa movimentação, a legislação exige a confecção do manifesto de carga (LIMA; PASIN, 1999).

Figura 1 – Exemplo de Operação Multimodal



Fonte: Adaptação de Lima e Pasin (1999)

Os autores afirmam que, como desvantagem na utilização do transporte multimodal, o maior obstáculo está no oferecimento de novas rotas de transporte. Pode não estar somente na falta de estrutura de transportes do país e, sim, no extenso cipoal jurídico-burocrático, o que praticamente impossibilita o bom funcionamento do OTM, que é essencial para a redução dos gastos em transporte e do próprio “custo Brasil”.

## 2.2 Transportes no Agronegócio

Segundo Sproesser et al. (2009), o agronegócio no Brasil passa por desperdícios no escoamento da produção, que vão desde o uso de transporte de forma indevida – uma vez que as possibilidades de uso são pouco conhecidas – até o desperdício quando os grãos caem do caminhão que o transporta.

De acordo com Dalmás (2008), é possível constatar que 67% das cargas agrícolas são transportadas por modal rodoviário. E, do total de desperdício de alimentos no país, 50% ocorrem no manuseio e transporte dos mesmos (BRASÍLIA, 2009).

Neste meio, no entanto, os terminais intermodais de cargas suprem as necessidades dos agentes do agronegócio com agilidade, otimizando consideravelmente o tempo despendido no escoamento da produção através da integração dos modais de transporte que contribuem para competitividade (SANT’ANA, 2010).

Os grãos se destacam como o principal produto transportado via ferrovia, modal que tem experimentado uma redução de *players* no mercado (concentração) e investimentos cada vez maiores, sobretudo nos corredores agrícolas (SOUSA; OLIVEIRA; RESENDE, 2009).

Sant’Ana (2010) investigou os processos envolvidos na implantação do Terminal Intermodal de Cargas de Campo Grande (MS). Os resultados da investigação revelaram aos agentes do agronegócio sul-mato-grossense as possibilidades de se aliar eficiência e o controle dos lucros obtidos no campo, através da otimização dos custos operacionais logísticos, usando a intermodalidade como uma ferramenta de apoio.

Segundo Correa e Ramos (2010), em relação ao transporte rodoviário utilizado para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste, existe um benefício da melhor rota em relação à pior de R\$ 4,81 a cada 100 km.

Ribeiro e Pacheco (2009) estudaram a utilização do modal ferroviário no escoamento da produção de arroz de uma determinada região do Rio Grande do Sul e trataram da utilização dos modais rodoviário e ferroviário em parceria no escoamento da produção. Segundo os mesmos, o preço do frete no modal rodoviário para o escoamento do arroz de um produtor do Rio Grande do Sul até São Paulo varia bastante durante o período da colheita (de março a abril), indo desde R\$ 88,00 até R\$ 110,00 por tonelada.

A alta demanda da produção da safra 2011/2012, no entanto, somada à baixa oferta de caminhões para trechos com mais de 1.000 Km, e o aumento do preço do óleo diesel, entre outros fatores, têm elevado o valor do frete de grãos para trechos longos. Em questão de uma semana, o frete ao caminhoneiro de Sorriso (MT) para Paranaguá (PR) subiu 4,2%, um salto de R\$ 235,00 para R\$ 245,00 por tonelada. Em um mês, o aumento foi de 19,5% , em relação aos R\$ 205,00 por tonelada ao final de julho. Para trechos curtos, que permitem mais de uma viagem na semana, o frete segue de R\$ 110,00 por tonelada no trecho base Sorriso-Alto Araguaia (PLANETA ARROZ, 2013).

### 2.3 Aplicação de Simulação à Logística

É difícil medir o desempenho global de um sistema logístico sem que o desempenho dos seus componentes esteja bem entendido e avaliado. Estas avaliações são geralmente realizadas por intermédio de simulações em computadores, com a incorporação dos dados em modelos da rede logística. (JOHNSON; WOOD, 1996)

Atualmente, a complexidade dos processos logísticos faz com que as ferramentas estáticas e determinísticas tenham aplicabilidade pontual. A Simulação, em especial a Simulação de eventos discretos, é uma ferramenta que leva em consideração a dinâmica e aleatoriedade presente nos processos logísticos, avaliando-os com uma precisão muito maior e permitindo ganhos substanciais nas operações (CHWIF, 2008, p. 67).

Para Chao (2001), a Simulação pode ser aplicada à logística no dimensionamento de frota, “*scheduling*”, planejamento de sistemas de distribuição, projeto de terminais, controle de tráfego, adoção de rotas alternativas, entre outros.

Johnson e Wood (1996) afirmam ser a Simulação a técnica mais utilizada no planejamento de sistemas logísticos pelo fato de poder abordar questões como a escolha dos **modais de transporte**, entre outras. Torna-se possível, assim, avaliar os diversos componentes do sistema e optar pelas formas mais adequadas de operação

A principal vantagem da aplicação da Simulação em sistemas logísticos consiste no fato de permitir testar virtualmente as alternativas de operação (JOHNSON; WOOD, 1996).

Segundo Chwif (2008, p. 66) “a Simulação é uma ferramenta indispensável para a avaliação dos processos logísticos, seja ele de logística interna ou mesmo de uma cadeia de suprimentos”.

Gava, Nassi e Cavalcanti Netto (1999) finalizam seu artigo indicando que são conhecidas as vantagens do uso da Simulação em problemas logísticos de várias naturezas, como: gestão de transporte, gestão da cadeia de suprimentos, entre outros.

Com base em Saliby et al. (1998), é possível constatar resultados significantes em seus experimentos de Simulação, ratificando assim a já reconhecida importância do uso da Simulação para verificação dos processos logísticos.

Segundo Panisset (2006, p. 99) “um estudo de Simulação é uma das poucas ferramentas que possibilitam a clara compreensão da complexidade dos tradeoffs [...]”. Esses tradeoffs envolvem: Just-in-time; desenho de processos de manufatura; desenho de processos de serviços; planejamento da produção e controle de inventário; compras; alocação de recursos; agendamento; estratégia e planejamento; gerenciamento da cadeia de suprimentos; e planejamento de pessoal.

Chwif (2008) sugeriu ser a Simulação a melhor ferramenta para se analisar a cadeia de suprimentos, quando comparou os resultados de uma planilha estática com os resultados de uma Simulação, em um estudo de caso.

Vieira, Joines e Thoney (2009) usaram a Simulação em computador para testar a robustez de cadeias de suprimentos regidas por diferentes políticas de estoque face a variações moderadas nos parâmetros logísticos dos sistemas.

Segundo Dalto e Saliby (2003), “a complexidade do processo de decisão do produtor, durante a fase de planejamento da comercialização justificou a necessidade de um instrumento de Simulação para auxiliá-lo nesse trabalho, que é decisivo na apuração de melhores resultados no cultivo da lavoura de soja”.

Monteiro (1997) afirma que, com a aplicação da Simulação em computador a um caso real, foi possível chegar aos seguintes resultados:

A empresa pôde reduzir os custos na região de 8,3 % para 5,3 %, economizando R\$ 1,7 milhões ao longo dos 5 próximos anos (em valor presente líquido), além de reduzir o tempo de ciclo de 4,5 para 4,0 dias, na percepção do cliente. Além disso, uma operação que era realizada com 20 veículos passou a ser realizada com 11 veículos.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Mecanismo Metodológico**

A partir das informações colhidas e apresentadas anteriormente na revisão de literatura, é possível entender a Simulação como uma das ferramentas mais apreciadas para os estudos de processos logísticos. O fato é que ela nos permite representar os problemas de forma mais próxima à da realidade, em função da quantidade de dados utilizados. Isso permite avaliar os resultados de forma mais precisa.

Comparada a outras ferramentas, a Simulação demonstra boa representação das situações complexas e incertas do mundo real. Por isso, é considerada de grande importância

neste estudo para ajudar na verificação, entre outros impactos, da possível redução de custos logísticos a partir da utilização da intermodalidade de transporte.

Assim, foi escolhida para este estudo a técnica de Simulação como o mecanismo metodológico, em função da sua capacidade para proporcionar a visão sistêmica sobre a realidade operacional. A abordagem da pesquisa foi essencialmente quantitativa.

### **3.2 Especificação e Delimitação do Modelo**

Espera-se estabelecer uma metodologia capaz de obter uma confirmação com respeito à possibilidade de redução dos custos logísticos através do uso da intermodalidade de transporte, além de avaliar outros indicadores de desempenho. A expectativa é que tal metodologia auxilie a identificação da melhor forma de agrupar os modais de transportes no escoamento da produção, podendo assim alcançar a otimização na distribuição dos produtos.

Na simulação modelada nesta pesquisa, foram usados dados reais, já que o objetivo deste artigo é testar a intermodalidade através de uma metodologia capaz de efetivamente verificar a sua viabilidade em um cenário específico.

As Tabelas 1 e 2, apresentadas na revisão de literatura, sugerem que é possível utilizar o ponto forte de cada um dos modais para suplantar os pontos fracos dos outros.

Foi feito uso dos modais rodoviário, ferroviário e aquaviário para concretizar a utilização da intermodalidade.

Cabe ressaltar que o modelo limita-se a estudar a intermodalidade, deixando a análise da multimodalidade para um estudo futuro. Tal escolha tem caráter apenas metodológico, pois a análise de ambas as possibilidades superaria os limites de um único artigo, e não pretende sugerir que a intermodalidade é melhor que a multimodalidade (cada uma tem suas vantagens e desvantagens).

Foi escolhido apenas um trecho para estudo da viabilidade da intermodalidade. Tal escolha pareceu mais apropriada para garantir uma profundidade maior de análise. Outro ponto importante foi a necessidade de os dados utilizados envolverem o escoamento de uma grande quantidade de produção e por um percurso longo. Só dessa forma pode haver uma possibilidade de real ganho com a intermodalidade de transporte. O trecho escolhido, especificado a seguir, não é o maior passível de estudo, porém é de comprimento suficiente para atender aos objetivos desta pesquisa.

A safra agrícola tem as suas datas de escoamento bastante previsíveis, facilitando o planejamento de uma grande operação – como o transporte intermodal – com mais antecedência. Entre os grãos de maior volume de produção no país estão o arroz, a soja e o milho.

Entretanto, somente o primeiro, o arroz, é escoado para localidades distantes para ser beneficiado. Seu escoamento se dá por um trecho, suficientemente longo, para atender aos objetivos deste estudo. Os outros, a soja e o milho, sofrem seus beneficiamentos em localidades próximas de onde são produzidos ou, no mínimo, a uma distância inicialmente não tão atraente para este estudo especificamente.

Dos cinco modais utilizados para o transporte de carga, foi dado ênfase ao rodoviário, ao ferroviário e ao hidroviário. Os outros dois não foram incluídos no estudo, pois o aéreo apresenta custo demasiadamente alto e o por dutos é por demais limitado a produtos bem específicos, conforme foi apresentado na revisão de literatura.

O trecho escolhido foi de Cachoeira do Sul (RS), na Região do Jacuí, até Arraial do Cabo (RJ), na Região dos Lagos. Esta escolha aconteceu devido à distância a ser percorrida, atendendo as exigências do estudo. Este trecho é um dos utilizados pela cooperativa Coriscal para o escoamento da produção de seus cooperados. A cooperativa utiliza o transporte puramente rodoviário para o escoamento da produção e, alternativamente, faz uso da hidrovia do Rio Jacuí para, ao menos em parte do trecho, baratear o frete.

### 3.3 Detalhamento do Modelo

A Simulação foi aplicada a partir de parâmetros reais. Os dados foram obtidos junto ao Sr. Alexandre, da cooperativa Coriscal, por e-mail e telefone, em janeiro de 2010. O modelo de simulação foi ambientado em uma planilha do Excel, ilustrada na Tabela 4, cuja construção e utilização estão mais bem detalhadas a seguir.

TABELA 4 – Planilha de simulação, alternativa unimodal (exibição parcial: parâmetros e últimas linhas)

Prazo		2 dias		Horas úteis por dia							
		Mínimo	12 horas								
Carga	1.200 ton	Máximo	17 horas								
Distância	1922 Km	Moda	15 horas								
Velocidade média		Custo/ton									
Mínimo	40	Mínimo	R\$ 55,00								
Máximo	70	Máximo	R\$ 78,00								
Moda	60	Moda	R\$ 60,00								
<b>Rodoviário</b>											
Simulação	Aleatório	Velocidade	Duração (h)	Aleatório	Hs úteis por dia	Duração (d)	Chegou?	Aleatório	Custo/ton	Custo Total	
988	0,97	66,82	28,77	0,44	14,56	1,98	1	0,48	R\$ 62,71	R\$ 75.251,31	
989	0,99	67,96	28,28	0,31	14,15	2,00	1	0,74	R\$ 61,08	R\$ 73.297,22	
990	0,29	53,12	36,19	0,95	16,33	2,22	0	0,24	R\$ 73,66	R\$ 88.395,31	
991	0,75	61,31	31,35	0,18	13,62	2,30	0	0,21	R\$ 59,50	R\$ 71.398,74	
992	0,99	68,12	28,21	0,61	15,04	1,88	1	0,09	R\$ 63,40	R\$ 76.085,28	
993	0,05	45,25	42,47	0,15	13,50	3,15	0	0,21	R\$ 59,15	R\$ 70.983,56	
994	0,27	52,76	36,43	0,01	12,30	2,96	0	0,36	R\$ 57,72	R\$ 69.258,20	
995	0,74	61,19	31,41	0,35	14,31	2,20	0	0,47	R\$ 61,65	R\$ 73.981,70	
996	0,88	63,90	30,08	0,47	14,65	2,05	0	0,20	R\$ 62,33	R\$ 74.792,02	
997	0,33	53,97	35,61	0,44	14,57	2,44	0	0,04	R\$ 62,12	R\$ 74.538,70	
998	0,66	59,97	32,05	0,68	15,20	2,11	0	0,80	R\$ 66,43	R\$ 79.713,64	
999	0,36	54,67	35,16	0,43	14,53	2,42	0	0,47	R\$ 62,59	R\$ 75.105,07	
1000	0,26	52,45	36,64	0,79	15,56	2,35	0	0,12	R\$ 64,55	R\$ 77.461,73	
<b>Média</b>	<b>0,50</b>	<b>56,59</b>	<b>34,39</b>	<b>0,48</b>	<b>14,59</b>	<b>2,37</b>	<b>10%</b>	<b>0,51</b>	<b>R\$ 63,52</b>	<b>R\$ 76.222,93</b>	

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis aleatórias utilizadas para aplicação da ferramenta de Simulação no caso do transporte unimodal rodoviário.

A carga a ser transportada é de 1.200 t, por um trecho de 1.922 km, percurso a ser percorrido em dois dias, de acordo com a exigência do cliente. A velocidade média do caminhão foi considerada como uma variável aleatória, com Distribuição Triangular, de mínimo de 40 km/h, máximo de 70 km/h e moda de 60 km/h.

Além da velocidade média, foram consideradas como variáveis aleatórias: as horas úteis por dia, sendo o mínimo de 12 h, máximo de 17 h e moda de 15 h; e o custo de transporte por tonelada, sendo este modelado com um mínimo de R\$ 55, máximo de R\$ 78 e moda de R\$ 60. Tais variáveis também foram modeladas segundo uma Distribuição Triangular que, de acordo com Moore e Weatherford (2005), é útil quando não se conhece a forma da distribuição, mas apenas seus valores mínimo, máximo e mais provável, o que era o caso na situação estudada.

Todos estes parâmetros aparecem na parte de cima da planilha. Foram simuladas 1000 ocorrências para que o experimento pudesse ser validado estatisticamente (as últimas linhas mostram as últimas 13 simulações, uma simulação por linha).

Em cada simulação, foram sorteados números aleatórios (de 0 a 1) nas colunas 2, 5 e 9 para serem usados na obtenção das variáveis aleatórias velocidade média, horas úteis de transporte por dia e custo do frete (por tonelada), respectivamente, seguindo as respectivas distribuições de probabilidades (Distribuição Triangular para todas essas variáveis, mas cada qual com os seus parâmetros de mínimo, máximo e moda).

Em cada uma das 1000 simulações sorteu-se (por meio de números aleatórios gerados nas colunas 2 e 5 da planilha) a velocidade média (coluna 3) e as horas úteis por dia (coluna 6), tendo sido calculado a partir delas a duração do trajeto em horas (coluna 4) e em dias (coluna 7) e a conseqüente chegada ou não da mercadoria no prazo estipulado de 2 dias (coluna 8), que possibilitou o cálculo do nível de serviço. Para efeitos deste trabalho, foi considerado apenas o aspecto de nível de serviço referente ao percentual de vezes em que o prazo estipulado pelo cliente – 2 dias – foi cumprido. Foi sorteado também (por meio de um número aleatório gerado na coluna 9 da planilha) o custo por tonelada (coluna 10) e, a partir dele, calculado o custo total (coluna 11).

Em seguida, foi abordado o caso da intermodalidade, onde os parâmetros também foram baseados em dados reais. Para este caso, também foi utilizada a Distribuição Triangular para modelar o comportamento de todas as variáveis aleatórias.

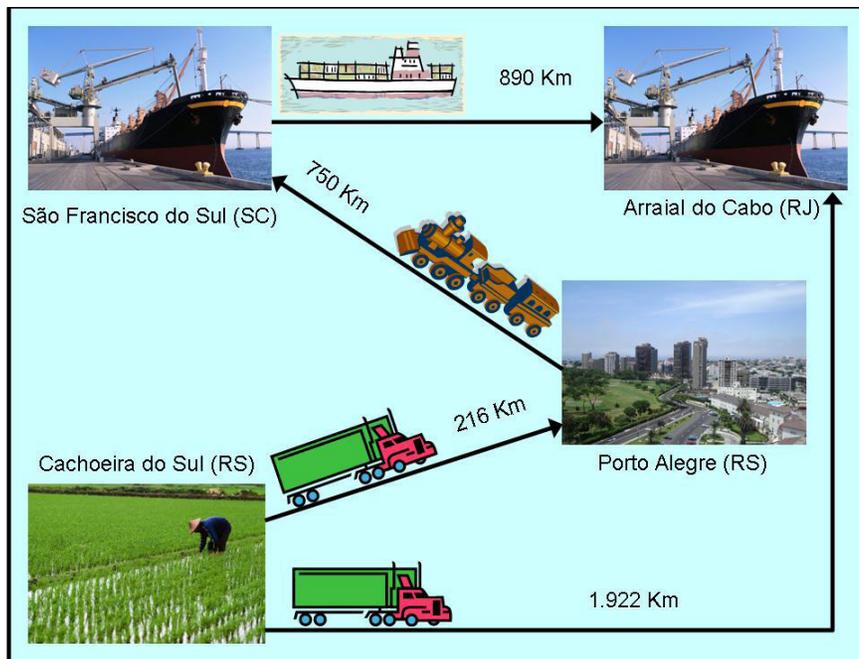
O primeiro trecho foi considerado como sendo realizado pelo modal rodoviário e a distância do percurso que vai de Cachoeira do Sul até Porto Alegre foi levantada, respeitando os outros parâmetros utilizados pelo modal em questão na primeira simulação. O segundo trecho foi realizado pelo modal ferroviário, de Porto Alegre (RS) até o porto de São Francisco do Sul (SC). O último trecho, usando o modal hidroviário, foi do porto de São Francisco do Sul (SC) até o porto do Forno em Arraial do Cabo (RJ). Este trajeto intermodal está representado na Figura 2 a seguir, juntamente com a alternativa unimodal e todas as distâncias envolvidas.

Ainda foram levados em consideração os custos de transbordo, do caminhão para o trem e do trem para o navio, considerando as variáveis mencionadas anteriormente. Torna-

se relevante ressaltar que foi considerado o uso do contêiner para o transporte da carga, uma vez que a sua utilização facilita a realização do transbordo.

No caso da intermodalidade, também foram simuladas 1000 ocorrências do experimento. Para o modal rodoviário, utilizou-se o mesmo procedimento do caso unimodal. Para cada um dos outros modais, o ferroviário e o hidroviário, sorteou-se apenas a velocidade média e o custo por quilômetro por cada 1000 toneladas, uma vez que foram consideradas úteis as 24 horas do dia. Em seguida, foi calculada a duração da viagem.

Figura 2 – Alternativas de escoamento da produção de arroz contempladas no modelo



Fonte: Elaboração própria

No caso do transbordo para ambos, houve o sorteio da duração unitária (em minutos por tonelada) e, a partir dela, o cálculo da duração total em dias. O custo de cada transbordo foi calculado a partir da respectiva duração e do custo unitário (em reais por minuto).

Por fim, foram somadas as durações (em dias) das viagens empreendidas pelos três modais envolvidos na intermodalidade e dos transbordos. A partir deste total, foi gerado o nível de serviço intermodal (percentual de vezes em que o prazo estipulado pelo cliente – 2 dias – foi cumprido). Foram somados também todos os custos envolvidos na simulação intermodal, incluindo modais e transbordos, para a obtenção do custo total.

Após a simulação do cenário básico – carga de 1.200 toneladas e 2 dias de prazo de entrega – foi feita uma análise de sensibilidade em relação a esses dois parâmetros, variando a carga para 600 toneladas e 2.400 toneladas e o prazo de entrega para 3 dias.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da planilha construída de acordo com as diretrizes apresentadas na seção 3.3 anterior, foi possível simular 1000 vezes a ocorrência do transporte rodoviário para o trecho em questão. As variáveis aleatórias – velocidade média, horas úteis por dia e custo/tonelada – foram representadas a partir da Distribuição Triangular.

Os principais indicadores de desempenho considerados na análise – duração média (em dias) da viagem (média da 7<sup>a</sup>. coluna da Tabela 4 anterior), nível de serviço (média da 8<sup>a</sup>. coluna da Tabela 4 anterior) e custo médio (média da 11<sup>a</sup> coluna da Tabela 4 anterior) foram coletados para o conjunto de 1000 simulações e os resultados estão apresentados na penúltima coluna da Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Indicadores de desempenho para cada possibilidade de transporte (intermodal e unimodal) – utilizando 2 dias como prazo de entrega e 1.200 toneladas para a carga

	Intermodal					Total	Unimodal	Diferença (%)
	Rodoviário	Transbordo	Ferrovário	Transbordo	Hidroviário		Rodoviário	
Duração média (d)	0,16	0,04	0,92	0,09	0,91	2,12	2,36	-10,18%
Nível de serviço						29,20%	11,60%	151,72%
Custo médio	R\$10.258,49	R\$ 87,81	R\$ 28.507,94	R\$ 401,90	R\$ 24.654,63	R\$ 63.910,78	R\$ 76.473,26	-16,43%

Fonte: Elaboração própria

Esses resultados, na verdade, são dinâmicos e mudam a cada vez que os valores da planilha são atualizados. O conteúdo da Tabela 5 é apenas uma fotografia não, capturando, naturalmente, o aspecto dinâmico desses valores.

Conforme mencionado também na Seção 3.3 anterior, a alternativa intermodal para a execução do transporte no trecho em questão foi simulada 1000 vezes e os mesmos indicadores de desempenho mencionados anteriormente foram coletados. Uma fotografia estática desses resultados dinâmicos está apresentada nas seis primeiras colunas da Tabela 5 apresentada anteriormente, juntamente com os indicadores da alternativa unimodal (para comparação) e com a diferença percentual ocasionada pelo uso da intermodalidade em cada indicador de desempenho (última coluna da Tabela 5).

Como pode ser observado, os valores obtidos para cada um dos modos de transportes – intermodalidade (rodoviário, ferroviário e hidroviário) e unimodalidade (rodoviário) – são razoavelmente diferentes. No caso da duração média em dias, o intermodal apresenta 2,12 dias, enquanto o unimodal apresenta 2,36 dias. Isto é, de certa forma, surpreendente, pois o intermodal se mostra com um tempo médio de entrega menor; enquanto esperava-se que o unimodal o superasse neste indicador. No caso do nível de serviço, como consequência da duração média, a intermodalidade também supera a unimodalidade: 29,20% contra 11,60% respectivamente. Já em relação ao custo médio, era esperada uma redução de custo bem maior devida à utilização da intermodalidade. No entanto, o que pode-se observar é que a diferença entre os custos não é tão grande assim, sendo o custo intermodal de R\$ 63.910,78 e o unimodal de R\$ 76.473,26.

No intuito de corroborar os resultados da Tabela 5, foram realizados, para as variáveis aleatórias custo médio e duração média, testes  $t$  com duas amostras presumindo variâncias equivalentes.

O teste de hipóteses de comparação de duas médias para o custo médio traz 0 (zero) como valor  $p$ , o que corrobora estatisticamente a afirmação de haver diferença entre os custos.

O teste de hipóteses de comparação de duas médias para a duração média também trouxe 0 (zero) como valor  $p$ , o que corrobora estatisticamente a afirmação de haver diferença entre as durações.

Para que fosse realizada uma análise de sensibilidade, foi replicado o cenário básico, mas com (i) prazo de entrega de 3 dias e com a carga reduzida para (ii) 600 toneladas e aumentada para (iii) 2.400 toneladas (estes dois últimos cenários com 2 dias de prazo). Os resultados foram coletados e estão apresentados em conjunto com os do cenário básico na Tabela 6 a seguir.

É válido destacar o último cenário, em que a alternativa intermodal mostrou-se mais rápida (2,23 dias) – na média – do que a alternativa unimodal (2,36 dias), mas encerrou um nível de serviço inferior (7,30% contra 12,70%). Tal aparente paradoxo deve-se à maior variabilidade das durações das viagens unimodais, que apresentam valores em média um pouco mais altos, mas com ocorrências extremas, fazendo com que um percentual maior das viagens dure muito ou muito pouco, ficando abaixo da barreira dos 2 dias mais vezes do que no caso intermodal.

Tabela 6 – Indicadores de desempenho para cada possibilidade de transporte intermodal e unimodal – análise de sensibilidade para o prazo de entrega e a carga transportada

		Duração média (d)	Nível de serviço	Custo médio	
1.200 t - 2 dias	Intermodal	2,12	29,20%	R\$	63.910,78
	Unimodal	2,36	11,60%	R\$	76.473,26
1.200 t - 3 dias	Intermodal	2,13	100,00%	R\$	63.890,69
	Unimodal	2,36	96,40%	R\$	76.662,44
600 t - 2 dias	Intermodal	2,08	37,20%	R\$	32.074,10
	Unimodal	2,36	11,80%	R\$	38.270,63
2.400 t - 2 dias	Intermodal	2,23	7,30%	R\$	127.873,30
	Unimodal	2,36	12,70%	R\$	153.659,15

Fonte: Elaboração própria

Tal tipo de constatação só foi possível devido ao uso da Simulação, visto que através de abordagens analíticas, normalmente só se consegue observar o comportamento médio das grandezas relevantes.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo foram obtidos a partir da Simulação com dados reais e permitiram verificar a viabilidade da intermodalidade em uma situação real de escoamento da produção de arroz – de Cachoeira do Sul (RS) até Arraial do Cabo (RJ). Este era o

principal objetivo da pesquisa – a análise a respeito das vantagens e das desvantagens oriundas do uso da intermodalidade, neste caso específico, além de validar a utilização da Simulação, instrumento que foi capaz de considerar as incertezas presentes nesta operação logística e de subsidiar o processo decisório com informações úteis, como o impacto no custo e em outros indicadores de desempenho.

Em relação à incerteza, o exemplo real apresentado neste trabalho considerou estocástico o comportamento de diversas grandezas capazes de impactar o desempenho do sistema: velocidade média de transporte e de transbordo, horas disponíveis por dia para o modal rodoviário e custos unitários de transporte e de transbordo. Tais grandezas foram modeladas a partir da Distribuição Triangular de probabilidades, mas a flexibilidade da Simulação permite que qualquer distribuição – principalmente nos casos em que nenhuma distribuição teórica represente bem o comportamento da grandeza – seja usada<sup>3</sup>. Tal característica da ferramenta permitiu que a realidade fosse modelada de forma bem acurada, uma vez que houve um esforço na coleta dos dados necessários para uma representação realista do problema em questão.

Esta é a principal vantagem da Simulação em relação às outras abordagens que podem ser usadas para atacar este tipo de problema, os métodos analíticos de otimização. Com o uso destes, normalmente os parâmetros são definidos de forma determinística: eles assumem um valor específico e não há incerteza – no modelo – quanto a este valor, embora possa existir – na realidade – incerteza em relação ao seu comportamento. Um exemplo desta pesquisa que se enquadra nesta situação é a velocidade média.

Por considerar os parâmetros de forma determinística (frequentemente usando o valor esperado da variável probabilística como seu representante determinístico), não é possível obter a distribuição de probabilidades das variáveis de saída, ficando a análise restrita aos seus valores médios. Com a Simulação, é possível observar o comportamento estocástico das variáveis de saída, seus valores mínimo e máximo, sua distribuição de probabilidades, ou seja, o perfil de risco da variável de performance resultante de cada alternativa de análise considerada. Desta forma, é viável considerar os possíveis resultados da variável de saída como uma amostra e realizar testes estatísticos com ela, como foi feito na seção 4 desta pesquisa. Tal procedimento seria bastante complicado no caso de uma abordagem analítica, pois apenas um valor seria calculado para cada variável de saída.

A Simulação ainda permite que sejam consideradas diversas variáveis de performance simultaneamente, sem a necessidade de que uma apenas seja elencada como função-objetivo, o que acontece na maior parte das abordagens analíticas<sup>4</sup>. Desta forma, é possível observar

---

3 Alguns métodos analíticos de otimização permitem que os parâmetros sejam considerados de forma estocástica, desde que o seu perfil se enquadre em alguma distribuição teórica de probabilidades, o que nem sempre ocorre satisfatoriamente na prática. A Simulação permite, alternativamente, que seja utilizada a distribuição de probabilidades empírica para o parâmetro em questão, que pode ser facilmente obtida através do histórico do comportamento deste parâmetro.

4 Em algumas abordagens analíticas, é possível considerar vários critérios simultaneamente na busca da solução ótima, mas todos eles devem ser incluídos – com pesos diferentes, eventualmente – em uma única função-objetivo.

o desempenho de cada alternativa considerada na análise sob a ótica de mais de um prisma (como a duração da viagem, o nível de serviço e o custo, na presente pesquisa).

A partir dos resultados encontrados, foi possível observar que, no caso da duração média, a alternativa intermodal apresenta uma quantidade em dias inferior à que a unimodal apresenta. Era esperado que, com o uso da intermodalidade, o nível de serviço caísse um pouco, sendo tal queda irrelevante diante da redução dos custos. Entretanto, em relação a esse atributo, como consequência da duração média, a intermodalidade também supera a unimodalidade na maioria dos cenários, o que causou certa surpresa. Tal fato pode ser explicado em parte: (i) pela presença – no trecho em questão – de muitas montanhas no caminho dos caminhões, diminuindo um pouco a velocidade média; (ii) e pelo desenho recortado do litoral brasileiro e da sua malha viária costeira, que impossibilita os caminhões de percorrerem uma linha reta (o que não acontece com os navios), tornando a distância unimodal maior do que o somatório das distâncias dos trechos da alternativa intermodal.

Já em relação ao custo médio, era esperado um custo menor para a intermodalidade do que para a unimodalidade, o que foi possível se observar em todos os cenários, com significância estatística.

Em relação à questão norteadora do estudo – seria possível reduzir os custos logísticos de transportes, para uma grande quantidade de carga e em um longo percurso, com o uso da intermodalidade de transporte, sem impactar de forma significativamente prejudicial a qualidade do nível de serviço? – esta pesquisa foi capaz de confirmar – para esta situação específica – a primeira parte. Já em relação ao nível de serviço, esperava-se que este cairia, mas foi possível observar que o mesmo ficou, de forma geral, ainda melhor, fortalecendo a indicação da intermodalidade para redução de custos logísticos.

Neste momento, cabe uma ressalva, exigindo que tais conclusões sejam lidas com precaução. Esta pesquisa visou a analisar apenas questões objetivas e quantitativas relacionadas à distribuição, como custo e duração da viagem. É claro, no entanto, que a alternativa intermodal – apesar de ter se apresentado mais vantajosa nesses aspectos – envolve alguns inconvenientes potenciais – como aspectos humanos relacionados ao comodismo e a aversão à complexidade, além de outros também menos tangíveis, envolvidos nos transbordos e em outros momentos da operação intermodal – que não foram aqui considerados e que podem constituir parte da causa da restrita utilização da intermodalidade no mundo real, ao menos no Brasil.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se que sejam testadas outras possibilidades de intermodalidade e também de multimodalidade para estes mesmos trecho e produto, como, por exemplo: modal rodoviário de Cachoeira do Sul até São Francisco do Sul e de lá por cabotagem até o destino; modal aquaviário (mas fluvial, por vias internas) de Cachoeira do Sul até o porto e de lá por cabotagem até o destino. Sugere-se, adicionalmente, que a metodologia aqui utilizada seja aplicada a outros casos também concretos, com parâmetros e custos reais, para que se possa verificar a viabilidade da intermodalidade em outras situações e com outros produtos.

## REFERÊNCIAS

- ALBAN, M. Transportes e Logística – os modais e os desafios da multimodalidade na Bahia. **Cadernos da Fundação Luiz Eduardo Magalhães**, Salvador, 2002.
- ALBINO, R. G. C. et al. Desperdício de grãos na logística rodoviária do agronegócio. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8. 2009. Ourinhos/SP. **Anais...** Ourinhos/SP: FIO. Disponível em: <[http://fio.edu.br/cic/anais/2009\\_viii\\_cic/Artigos/01/01.07.pdf](http://fio.edu.br/cic/anais/2009_viii_cic/Artigos/01/01.07.pdf)>. Acesso em: 5 set. 2013.
- BALLOU, R. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BOWERSOX, D.; CLOSS, D. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BRASÍLIA, D. Desperdício-Custo para todos-Alimentos apodrecem enquanto milhões de pessoas passam fome. **Desafios do Desenvolvimento**, IPEA, v. 6, n. 54, out. 1999.
- CHAO, W. **Identificação de Gargalos na Cadeia Logística Utilizando Técnicas de Simulação: Avaliação da Malha de Distribuição de GLP em São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: UFSC, 2001.
- CHWIF, L. Simulação aplicada à Logística. **Revista Mundo Logística**. Rio de Janeiro, n. 6, set./out. 2008.
- CORREA, V.; RAMOS, P. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural. Brasília**, v. 48, n. 2, abr./jun. 2010.
- DALMÁS, S. **A logística de transporte agrícola multimodal da região oeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. Toledo (PR): UNIOESTE, 2008.
- DALTO, E.; SALIBY, E. Ferramenta de simulação para definição de estratégia logística e financeira de comercialização de uma safra de soja do ponto de vista do produtor. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECONOMIA E GESTÃO DE REDES AGROALIMENTARES, 4., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP, 2003.
- DEMARIA, M. **O Operador de Transporte Multimodal como Fator de Otimização de Logística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: UFSC, 2004.

FÓRUM INTERNACIONAL DE LOGÍSTICA, 2011; CSCMP, 2011; EUROSTAT, 2011; NBSC, 2011. Disponível em: <<http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-673.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2013.

GAVA, R.; NASSI, C.; CAVALCANTI NETTO, M. Uma avaliação do desempenho logístico de uma base de distribuição de derivados de petróleo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 31., 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBPO, 1999.

GOMES, C.; RIBEIRO, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos integrada à Tecnologia da Informação**. São Paulo: Thomson, 2004.

JOHNSON, J.; WOOD, D. **Contemporary Logistics**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

KEEDI, S. **Logística de Transporte Internacional: Veículo Prático de Competitividade**. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

LIMA, E.; PASIN, J. Regulação no Brasil: colocando a competitividade nos trilhos. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 12, Dez 1999.

LOPEZ, J. **Os custos logísticos do comércio exterior brasileiro**. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

MENDONÇA, P.; KEEDI, S. **Transportes e seguros no comércio exterior**. São Paulo: Aduaneiras, 1997.

MONTEIRO, S. **Seleção de sistemas de transporte: um modelo de análise para atacadista-distribuidores**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 1997.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L. **Tomada de Decisão em Administração com Planilhas Eletrônicas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

NOVAES, A. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PAUL, G.; RODRIGUES, E. **Dos trilhos para o asfalto**. Caderno Economia do Jornal O Globo, 19 de agosto de 2009.

PANISSET, V. **O impacto de diferentes distribuições de demanda na cadeia de suprimentos: um estudo experimental de simulação**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2006.

PLANETA ARROZ. **Fretes:** preços terão forte alta na safra 2012/2013. Disponível em: <[http://www.planetaarroz.com.br/site/noticias\\_detalhe.php?idNoticia=11081](http://www.planetaarroz.com.br/site/noticias_detalhe.php?idNoticia=11081)>. Acesso em: 05 set. 2013.

RIBEIRO, R.; PACHECO, F. O custo logístico do transporte do arroz da região Centro-Oeste do RS com destino a Santa Cruz do Rio Pardo – SP. In: ENEGEP, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2009.

SALIBY, E.; NAZÁRIO, P.; LACERDA, L.; LARA, M. Modelo de simulação de operações portuárias. In: Congresso Latino ibero americano de Informática e Investigación Operativa, 9., 1998, Buenos Aires. **Anales...** Buenos Aires: CLAIO, 1998.

SANT’ANA, J. Análise da viabilidade operacional da implantação do Terminal Intermodal de Cargas no estado de Mato Grosso do Sul: um estudo sobre a importância na integração dos modais de transporte para o agronegócio. In: ENANGRAD, 21., 2010, Brasília. **Anais...** Brasília: ANGRAD, 2009.

SOUSA, P.; OLIVEIRA, M.; RESENDE, P. Análise do modelo de concessão no transporte ferroviário brasileiro: a visão dos usuários. In: SIMPOI, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV, 2009.

SPROESSER, R.; SOGABE, V.; PEREIRA, A.; CAMPEÃO, P.; MELLO, R. Produtividade em terminais intermodais de grãos: um estudo multicaso utilizando a análise envoltória de dados – DEA. In: ENEGEP, 29., 2009, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2009.

VIEIRA, G.; JOINES, J.; THONEY, K. A new methodology for the design of robust supply chains based on orthogonal arrays doe and computer simulation. In: SIMPOI, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV, 2009.