

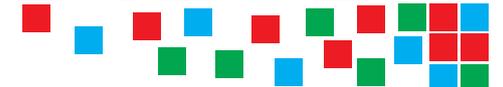
LOGÍSTICA DO AGRONEGÓCIO

Oportunidades e Desafios

“Repensando a logística de cana no Brasil:
produtividade, modelagem, transporte ferroviário e agricultura digital”



Publicação do
Grupo de Extensão e Pesquisa em Logística Agroindustrial
da ESALQ - USP

ESALQ-LOG


Série: Logística do Agronegócio: Oportunidades e Desafios
Volume 1, Setembro de 2017
Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG)
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” | Universidade de São Paulo

**Repensando a logística de cana no Brasil: produtividade,
modelagem, transporte ferroviário e agricultura digital**

Autores:

Thiago Guilherme Péra¹
José Eduardo Holler Branco²
José Vicente Caixeta Filho³

A logística de abastecimento de cana nas usinas por muito tempo foi tratada com a nomenclatura de “Corte, Carregamento e Transporte” (CCT). Com o avanço da colheita mecanizada no país, tal acrônimo tem sido substituído pelo “Corte, Transbordo e Transporte” (CTT). Uma mudança do C pelo T que altera todo o sistema e gera mais eficiência, produtividade, ganhos ambientais e energéticos. De toda forma, o setor tem vivenciado uma série de mudanças que afetam as operações de CTT, destacando-se os novos limites de peso bruto total combinado (PBTC) dos caminhões canavieiros, as exigências de enlonação das cargas, maior responsabilidade das usinas pelos riscos dos operadores, intensificação do controle por parte dos agentes reguladores etc. Estas combinações de mudanças legais e regulatórias penalizam vigorosamente os custos de CTT nas usinas e têm forçado os gestores a repensar a configuração dessas operações.

Mais ainda, todo o setor de transporte do país tem passado desde 2007 por mudanças acentuadas nas esferas legislativa e regulatória e a tendência é continuar.

Especificamente sobre a logística, esta pode ser entendida como a responsável por fazer com que os produtos cheguem ao lugar certo, na hora certa, em condições adequadas e que se gaste o menos possível com isso. No caso, uma eficiente gestão logística que traga resultados para as usinas envolve a gestão de uma série de atividades e processos: informação, planejamento, tempo, espaço, nível de serviços e custos – tópicos que serão discutidos ao longo desse artigo.

No caso das operações de CTT, uma gestão logística eficaz contempla o aprimoramento de um acervo de aspectos que devem ser racionalizados de forma sinérgica para conduzir o sistema a níveis de excelência, como por

¹Coordenador e Pesquisador do Grupo ESALQ-LOG. E-mail: thiago.pera@usp.br

²Professor e Pesquisador do Grupo ESALQ-LOG. E-mail: jehbranco@usp.br

³Professor Titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP e Coordenador Geral do Grupo ESALQ-LOG. E-mail: jose.caixeta@usp.br

exemplo: configuração tecnológica dos equipamentos, dimensionamento da frota, terceirização de operações, configuração da malha viária e fluxos de transporte, distribuição espacial das áreas de fornecimento de cana, alocação espacial e temporal das frentes de colheita, estrutura do sistema de indicadores de desempenho e planejamento e controle das operações de corte, transbordamento e transporte.

Numa época em que a redução de custos é substancial para o setor sucroenergético, a gestão logística ganha o protagonismo como a fronteira para aumentar a lucratividade. Para isso é fundamental buscar novas ideias e soluções para fazer uma boa logística e reduzir custos. Este artigo tem como objetivo discutir as principais estratégias logísticas como alternativas para otimizar as operações de CTT.

1) Mensurar, planejar, fazer, comparar e ajustar

Conforme colocado pelo guru da gestão moderna de empresas, Drucker (2003), caso você não possa medir, não é possível gerenciar. Nesse contexto, é fundamental identificar os principais indicadores das atividades de CTT para que se possa mensurar a evolução dos mesmos. Mais ainda, é interessante comparar os indicadores obtidos com o de outras organizações (*benchmarking*) para calibrar as metas de eficiência – tanto de empresas do mesmo segmento quanto outras, dentro e fora do país.

A consolidação de um sistema de indicadores robusto e bem calibrado é imprescindível para o planejamento e controle eficaz das operações de CTT e permite identificar os principais desvios operacionais e ações necessárias para realinhamento e racionalização do CTT, ainda mais com a tendência da agricultura digital.

2) Busca de economias de escala

As estratégias que geram economia de escala ainda não saíram de tendência. O aumento da quantidade de cana colhida e transportada utilizando uma menor quantidade de ativos implica em uma redução do custo médio, a partir da diluição do custo fixo. Por exemplo, a substituição dos veículos atuais de transporte de cana pelo novo rodotrem de onze eixos (91 PBTC), que se encontra na fase de regularização pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran), pode trazer uma economia de escala significativa em relação ao rodotrem convencional (74 PBTC), conforme análise de custo apresentada na Figura 1. Reduções que atingem patamares de 21% dos custos.

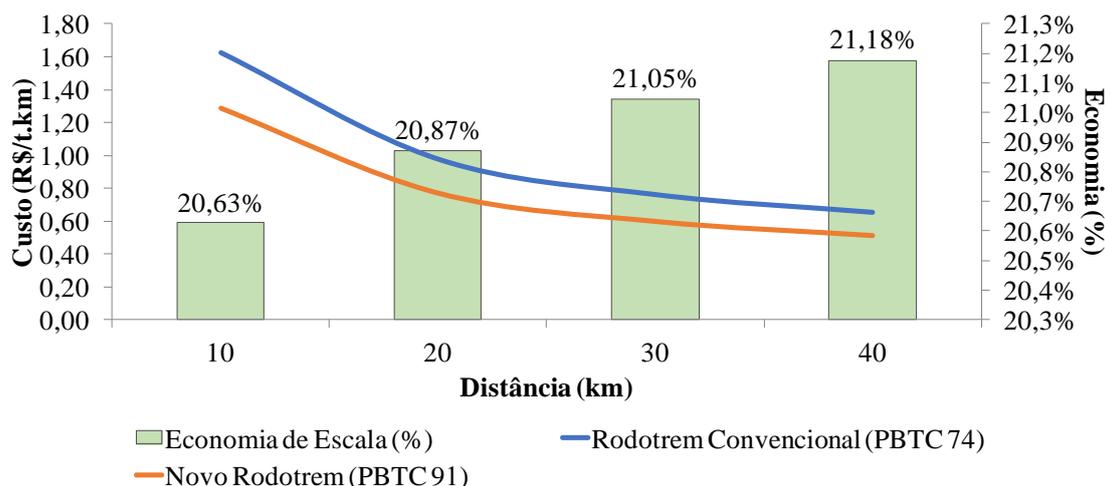


Figura 1. Comparação dos custos de transporte de cana em R\$/t.km: Rodotrem convencional (PBTC de 74 toneladas) e o novo Rodotrem (PBTC de 91 toneladas)

Fonte: elaborado pelos autores

3) Busca pela eficiência produtiva (aumento da produtividade)

A quantidade de ativos utilizados no CTT envolvendo colhedoras, conjuntos transbordos e caminhões é enorme e imobiliza um grande volume de capital, onerando por demais essas operações. Embora sejam tão relevantes, chama a atenção que muitas vezes os custos de capital passam despercebidos no planejamento e dimensionamento desses sistemas. É imprescindível que as organizações busquem atingir uma escala eficiente de produtividade nas operações de CTT.

Saber gerenciar custos é fundamental para planejamento de operações, entretanto, promover a produtividade operacional é tão importante quanto. A otimização da produtividade do CTT envolve aspectos como: consumo de combustível, velocidade média de operação dos equipamentos, tempo de carregamento e descarregamento, rendimento da operação de colheita, tempo ocioso dos equipamentos, taxa de ocupação, distância operacional, dentre outros.

Como exemplo da dimensão econômica que a otimização do desempenho da operação de CTT pode proporcionar, a Tabela 1 apresenta o ganho econômico decorrente da melhora de fatores de produtividade de uma operação de transporte, envolvendo a movimentação de um milhão de toneladas de cana em um raio médio de 20 quilômetros, considerando um rodotrem com PBTC de 74 toneladas.

Tabela 1. Ganhos econômicos a partir da análise de sensibilidade de parâmetros de produtividade no transporte de um milhão de tonelada de cana

Parâmetro de Produtividade	Unidade	Variação marginal (Δ)	Ganho Econômico (R\$)
Rendimento de combustível	Km/litro	+ 0,1 km/litro	R\$ 242,4 mil
Velocidade	Km/hora	+1 km/hora	R\$ 111,2 mil
Tempo de carregamento e descarregamento	Hora	- 1 hora	R\$ 2,585 milhões
Tempo de ociosidade	Hora	- 1 hora	R\$ 2,585 milhões
Taxa de ocupação	Tonelada	+1 tonelada	R\$ 400,0 mil
Distância	Km	-1 km	R\$ 329,8 mil

Fonte: ESALQ-LOG (2017)

A leitura dessa simulação informa que a diminuição de uma hora do tempo de carregamento, descarregamento ou ociosidade do equipamento proporcionaria uma redução de aproximadamente R\$ 2,5 milhões do custo total da operação. Verifica-se também que o aumento da taxa de ocupação dos caminhões de uma tonelada por viagem proporcionaria uma redução de custo de R\$ 400 mil. A redução de um quilômetro no raio médio de transporte de cana resultaria em uma redução no custo de R\$ 329 mil. O aumento de 0,1 quilômetro por litro no rendimento de combustível do caminhão canavieiro implicaria uma redução do custo de aproximadamente R\$ 242 mil.

A Tabela 2 apresenta os ganhos econômicos absolutos e relativos para diferentes distâncias médias a partir de variações marginais nos fatores de produtividade de um rodotrem com PBTC de 74 toneladas, em reais por tonelada de cana transportada.

Tabela 2. Ganhos econômicos a partir da análise de sensibilidade de fatores de produtividade no transporte de cana para diferentes raios de transporte, em R\$/t

Parâmetro de Produtividade	Unidade	Variação marginal (Δ)	Distância (km)			
			10	20	30	40
Rendimento de combustível	Km/litro	+ 0,1 km/litro	- R\$ 0,12 (-0,75%)	- R\$ 0,24 (-1,24%)	- R\$ 0,36 (-1,59%)	- R\$ 0,48 (-1,86%)
Velocidade	Km/hora	+1 km/hora	- R\$ 0,06 (-0,34%)	- R\$ -0,11 (-0,57%)	- R\$ 0,17 (-0,73%)	- R\$ 0,22 (-0,85%)
Tempo de carregamento e descarregamento	Hora	- 1 hora	- R\$ 2,59 (-15,93%)	- R\$ 2,59 (-13,24%)	- R\$ 2,59 (-11,33%)	- R\$ 2,59 (-9,90%)
Tempo de ociosidade	Hora	- 1 hora	- R\$ 2,59 (-15,93%)	- R\$ 2,59 (-13,24%)	- R\$ 2,59 (-11,33%)	- R\$ 2,59 (-9,90%)
Taxa de ocupação	Tonelada	+ 1 tonelada	- R\$ 0,33 (-2,04%)	- R\$ 0,40 (-2,04%)	- R\$ 0,47 (-2,04%)	- R\$ 0,53 (-2,04%)
Distância	Km	- 1 km	-R\$ 0,33 (-2,03%)	- R\$ 0,33 (-1,69%)	- R\$ 0,33 (-1,45%)	- R\$ 0,33 (-1,26%)

Fonte: ESALQ-LOG (2017)

Nesse contexto, é interessante notar que o tempo de carregamento, descarregamento e ociosidade apresentam um potencial de redução do custo de transporte em R\$ 2,59 por tonelada, independentemente da distância. No caso da taxa de ocupação, quanto maior a distância, maior é a economia gerada com o aumento de uma tonelada a mais no transporte. O mesmo é válido para a velocidade e rendimento do combustível, quanto maior a distância, maior é o ganho econômico a partir do aumento desses fatores de produtividade.

4) Uso de modelos matemáticos integrados no planejamento das operações

É muito comum de se observar nas organizações uma falta de comunicação plena entre as áreas, o que dificulta realizar um planejamento integrado dos processos. Muitas vezes, a melhor decisão da área de comercial não é a melhor decisão para as operações logísticas, nem para a área agrícola ou industrial, e muitas vezes não gera o melhor resultado para a organização como um todo. Parece elementar que o planejamento das operações deve buscar o melhor resultado econômico para a companhia seguindo uma ótica holística.

Além disso, o planejamento de qualquer operação deve ser o mais aderente possível à realidade operacional. Sendo assim, as restrições e particularidades operacionais devem ser consideradas com o propósito de elaborar um plano que seja praticável. Qualquer planejamento que ofereça embaraços para sua execução, por mais otimizado que seja, não vai conduzir as operações para o melhor resultado da organização.

Nesse contexto, o planejamento das operações de uma usina de cana-de-açúcar assume maior complexidade e o uso de modelos matemáticos tornam-se ferramentas indispensáveis para a elaboração de um plano integrado otimizado e exequível.

Muitas empresas do setor sucroenergético ainda coordenam suas operações baseadas em planos individualizados e pautados em grande parte por processos decisórios intuitivos. Esse tipo de conduta aumenta as chances de falhas no planejamento, afastando os resultados da companhia do potencial máximo de criação de valor das suas operações. A ocorrência de pequenos equívocos de planejamento pode passar despercebida por anos, acumulando prejuízos de grandes proporções.

Considerando tal argumentação, é recomendável que o planejamento das operações de CTT receba o suporte de modelos matemáticos de otimização que gerem recomendações para a racionalização integrada do resultado da empresa por meio de um plano assertivo e que seja factível de execução.

5) Um novo modal de transporte de cana: Ferroviário

Há registros sobre o uso de ferrovias para o transporte de cana no Brasil no século XIX, especificamente na região de Piracicaba (SP), conforme retratado na Figura 2. Entretanto, o modelo brasileiro de transporte ferroviário priorizou a movimentação de cargas mais densas envolvendo médias e longas distâncias e a cana não se consolidou como uma carga cativa da ferrovia.



Figura 2. Fotografia do Transporte Ferroviário de Cana no Século XIX em Piracicaba (SP).
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Piracicaba (IHGP, 2017).

Por outro lado, chama atenção o caso exitoso do transporte ferroviário de cana para abastecimento de usinas na Austrália. Algumas características interessantes deste modelo de transporte, de acordo com Kent (2017):

- 18 das 24 usinas do país utilizam a ferrovia para o transporte de cana.
- A malha ferroviária é composta por cerca de quatro mil quilômetros, sendo o trajeto mais longo o de 119 quilômetro e o médio entre 19 e 35 quilômetros.
- As usinas são responsáveis pela infraestrutura de transporte envolvendo a malha e os ativos ferroviários.
- As usinas são responsáveis pela implantação e manutenção da infraestrutura viária e pela aquisição e operação do material rodante;
- Uma composição ferroviária é formada por uma locomotiva e cerca de 10 a 15 vagonetes (*bins*), apresentando uma capacidade de transporte entre 1.000 e 1.500 toneladas. A capacidade de carga desse tipo de comboio equivale à capacidade de 20 rodotrens com PBTC de 74 toneladas.

O sucesso do uso das ferrovias para o transporte de cana na Austrália gera algumas indagações:

- Por que as usinas de cana-de-açúcar brasileiras não fazem uso modal ferroviário para a movimentação de cana?
- O custo e a viabilidade do transporte ferroviário de cana já foram amplamente investigados pelos *players* do setor sucroenergético?

Instiga ainda mais esses questionamentos o fato de que existe um grande número de usinas bastante próximas da malha ferroviária paulista, ou seja, já existe uma infraestrutura construída – em algumas regiões, muitas vezes não utilizada para o transporte de cargas.

A Figura 3 apresenta um mapa da malha ferroviária do Estado de São Paulo, das regiões produtoras de cana-de-açúcar e das usinas em operação.

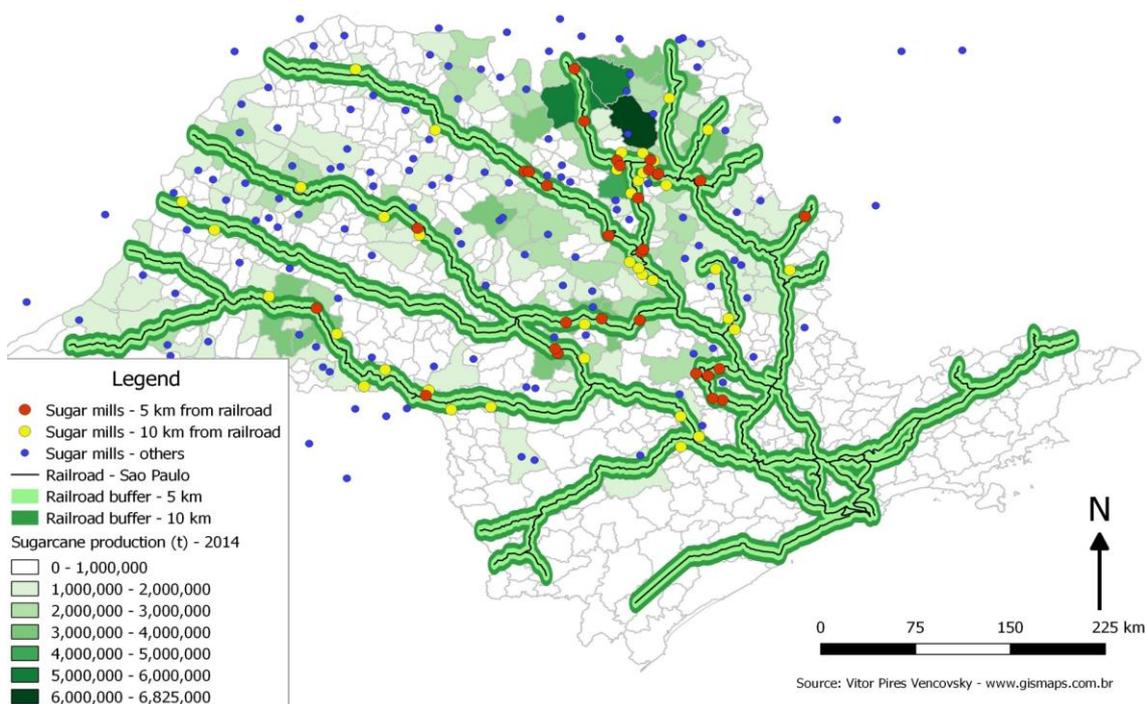


Figura 3. Distribuição da malha ferroviária nos canaviais paulistas e sua proximidade com as usinas de cana-de-açúcar

Fonte: ESALQ-LOG (2017) e GISMAPS (2017)

As circunferências assinaladas de vermelho indicam as usinas que estão localizadas a uma distância de até 5 quilômetros e as circunferências amarelas apontam as unidades distantes até 10 quilômetros da linha ferroviária. Verifica-se que existem 30 usinas localizadas dentro de um raio médio de 5 quilômetros da ferrovia e 40 unidades dentro do raio de 10 quilômetros.

Essa análise espacial evidencia que já existe uma infraestrutura ferroviária cortando regiões com grande densidade de canaviais, contendo trechos em operação e desativados, que poderia ser aproveitada para o transporte de cana.

Particularmente, destaca-se o potencial da região de Ribeirão Preto para essa finalidade, que abriga um grande número de usinas próximas à malha ferroviária e uma elevada densidade de ferrovias.

Tendo em vista a tendência de intensificação do controle do peso dos caminhões canavieiros e novas exigências de segurança que trazem restrições

das operações de transporte do setor sucroenergético, o modal ferroviário destaca atenção como possível alternativa para movimentação de cana.

É importante destacar que essa modalidade de transporte é apropriada para a movimentação de grandes quantidades de carga. Além disso, tal modalidade apresenta uma melhor eficiência energética (menor consumo de combustível) e permite retirar uma grande quantidade de caminhões canavieiros das estradas.

Pensando longe, quem sabe não seria possível até consolidar uma malha eletrificada que seria suprida pelas próprias unidades de cogeração das usinas de cana-de-açúcar, reduzindo ainda mais o consumo de óleo diesel nas operações de CTT.

6) Cana digital

Internet das coisas (*Internet of Things* - IoT), *Big Data*, nuvem, agricultura digital, agricultura 4.0, logística 4.0 – um conjunto diversificado de termos que culminam em duas esferas: informação e conectividade. A informação tem sido cada vez mais valorizada e utilizada para tomadas de decisão. Enquanto que a conectividade é fundamental para que a informação flua desde o momento da sua obtenção, passando pelo armazenamento, processamento até o usuário final – o tomador de decisão.

Com o monitoramento em tempo real das diversas operações numa usina, as decisões podem ser cada vez melhores. Mais especificamente ainda, a partir da consolidação de um grande banco de dados de uma série de informações, técnicas avançadas de análise de dados podem ser aplicadas para identificação de padrões não tão triviais de serem identificados, os quais podem trazer resultados interessantes para o negócio.

O monitoramento para obtenção de dados pode ser realizado através de sensores, drones, *global position system* (GPS) etc. Dados estes que abastecem um grande banco de dados na nuvem de forma automática e dinâmica, o qual é processado em indicadores de interesse e o usuário pode visualizá-los em *notebooks*, *smartphones* e *tablets* – em tempo real. Apesar de a tecnologia ter atingindo um alto grau de acessibilidade, ainda é muito comum de se observar problemas de comunicação nas usinas, envolvendo, por exemplo: a falta de infraestrutura adequada no campo – muitas vezes, não se consegue realizar alocações de máquinas nas frentes de colheita por não conseguir se comunicar, ou mesmo rastrear a localização dos equipamentos.

Cinco grandes desafios para a agricultura digital no setor envolvem: (i) entendimento da importância dos dados que podem ser monitorados; (ii) estruturação de uma infraestrutura adequada que possibilite o monitoramento dinâmico e rápido dos indicadores de interesse através do uso de sensores, drones e outros equipamentos conectados na internet – inclusive, a própria

infraestrutura necessária para a cobertura de internet no campo; (iii) análise e interpretação do banco de dados para tomadas de decisão; (iv) qualificação de pessoas; e, (v) política de compartilhamento e uso dos dados nos servidores virtuais.

7) Contribuições do Grupo ESALQ-LOG no setor canavieiro

Tendo em vista estas estratégias logísticas para redução de custo, o Grupo ESALQ-LOG tem desenvolvido uma série de pesquisas junto às instituições do setor com o objetivo de auxiliar na racionalização e otimizar resultados das operações de CTT, por meio de três áreas de atuação:

- a) Estruturação do Plano de Diretor da Logística de CTT, que tem como escopo:

Otimização da malha viária e fluxos de transporte de cana: Através dessa frente objetiva-se recomendar o *layout* otimizado da malha viária e fluxos de transporte de cana, além de priorizar os investimentos nas melhorias das condições de trafegabilidade das vias (asfaltamento, cascalhento, reformas etc.), buscando maximizar a produtividade operacional do sistema de transporte. A racionalização da malha viária de transporte de cana promove reduções de custos significativas através do aumento da produtividade dos veículos de transporte e, conseqüentemente, por meio da redução da frota necessária na operação de abastecimento de cana das usinas.

Otimização das áreas de fornecimento de cana: Uma etapa bastante crítica para o desempenho do CTT envolve a otimização espacial do sistema de abastecimento de cana. Nesse contexto, a partir da estruturação de modelos matemáticos multicritérios, objetiva-se recomendar as regiões de canavial que devem suprir cada unidade industrial de forma a minimizar os custos de arrendamento, produção, colheita e transporte, ou seja, o custo total da cana entregue nas moendas. Além disso, esse tipo de modelagem permite avaliar cenários estratégicos de políticas de arrendamento de terras e fidelização de fornecedores em regiões com grande concorrência.

Dimensionamento da frota de colhedoras, conjuntos trator-transbordo e veículos de transporte: Um problema que muitas vezes eleva o custo de CTT é o desequilíbrio existente entre o número de conjuntos trator-transbordo e veículos de transporte operando em cada frente de colheita, o que pode resultar em paradas excessivas das colhedoras e aumento significativo dos custos. Além da determinação do tamanho ótimo da frota, muitas vezes é interessante posicionar pátios de conjuntos trator-transbordo que podem atuar de forma emergencial e evitar a paralisação das frentes. A localização desses pátios é fundamental para a redução da distância percorrida total nas operações dos conjuntos transbordo, e por isso, é importante que o Plano Diretor de Logística de CTT contemple também o estudo da localização

espacial dos pátios de suporte, além da recomendação ótima do tamanho da frota.

b) Desenvolvimento de modelos matemáticos de planejamento integrado:

Modelos matemáticos de planejamento integrado, envolvendo cenários de riscos produtivos e econômicos, propiciam o planejamento otimizado das operações e ofertam suporte a tomadas de decisões de natureza estratégica e tática. Esse tipo de ferramenta auxilia o planejamento espacial e temporal das frentes de colheita, sendo essencial para elaborar um plano de colheita que permita atingir o menor custo de CTT por quilograma de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) entregue na usina e maximize a criação de valor das operações. Essa frente tem como objetivo desenvolver modelos personalizados e adaptados à rotina operacional de cada empresa, de forma que a ferramenta possibilite criar planos factíveis de execução. Ademais, esse tipo de solução envolve o treinamento dos profissionais que utilizarão o ferramental, de forma que a equipe tenha segurança no método e ampla capacidade analítica dos resultados. O ESALQ-LOG tem atuado no desenvolvimento e implantação de diversos modelos de planejamento integrado, em distintas cadeias agroindustriais, tais como: cana, lírios, tomate, leite, laranja, dentre outras.

c) Realização de eventos e treinamentos na área

O Grupo ESALQ-LOG realiza anualmente uma série de eventos e treinamentos na área de logística envolvendo a temática sucroenergética.

No início do ano foi realizado o 14º Seminário Internacional em Logística Agroindustrial (SILA) contemplando o assunto da logística da cana. Muitas discussões interessantes foram realizadas.

Outros treinamentos têm sido desenvolvidos para atender um público cada vez maior: Planejamento e Gestão de Sistemas Logísticos de CTT; Gestão da Logística do Setor Sucroenergético; Gestão da Logística Agroindustrial; Modelagem Matemática de Otimização, dentre outros.

De toda forma, as soluções se encontram por aí. Existe uma série de problemas que ainda não foram resolvidos esperando soluções muitas vezes simples... É tempo de inovar para performar melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- DRUCKER, P. F. (2003). *Peter Drucker on the Profession of Management*. Harvard Business Review Press; Edição: 1. 224 p.
- GISMAPS (2017). *Sistema de Informações Geográficas*. Piracicaba, SP. Disponível em: < <https://gismaps.com.br/>>.
- GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL – ESALQ-LOG (2017). *Projetos de pesquisa e Extensão desenvolvidos*. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Disponível em: < <http://esalqlog.esalq.usp.br/>>.
- INSTITUTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO DE PIRACICABA – IHGP (2017). *Acervo histórico digitalizado*. Piracicaba, SP. Disponível em: < <http://www.ihgp.org.br/>>.
- KENT, G. (2017). *Sugarcane Railway Transportation in Australia*. In: 14º Seminário Internacional em Logística Agroindustrial: Corte, Transbordo e Transporte. Grupo ESALQ-LOG. Piracicaba, SP. Disponível em: < <http://esalqlog.esalq.usp.br/>>.