

2 Revisão bibliográfica

Segundo Pires (2004), o processo de globalização tem dado uma dinâmica bem maior às dimensões competitivas (geralmente reconhecidas como o custo, a qualidade, o desempenho das entregas e a flexibilidade). Assim, se analisarmos a trajetória das duas dimensões competitivas mais tradicionais (custo e qualidade) veremos que hoje, na maioria dos setores industriais, custo e qualidade tendem a se posicionar como critérios qualificadores e não mais como critérios ganhadores. Critérios qualificadores representam valores mínimos de performance necessários para qualificação em determinado mercado, ou seja, uma necessidade competitiva. Por outro lado, critérios ganhadores são aqueles que garantem uma vantagem competitiva no mercado tendendo a ser copiados pela concorrência até que acabem deixando de ser uma vantagem competitiva e se transformem em critérios qualificadores. Com isso, fica claro que, para muitos setores industriais, existe uma eminente necessidade de explorar e desenvolver novas fontes de vantagens competitivas. Nos últimos anos, uma das fronteiras mais exploradas e promissoras tem sido o desempenho das entregas, com suas duas dimensões básicas, que são: (i) a redução dos ciclos de atendimento/entrega e (ii) o aumento da confiabilidade das promessas. É nesse contexto que tem crescido muito ultimamente a importância dos processos logísticos das cadeias de suprimentos.

Incerteza operacional

De acordo com Bowersox e Closs (2001), um objetivo importante do gerenciamento da logística é reduzir a incerteza dos ciclos de atividades. O dilema é que a estrutura do próprio ciclo de atividades, as condições operacionais e a qualidade das operações logísticas, são combinadas de maneira aleatória, criando variância.

A tarefa do gerenciamento do ciclo de atividades é fazer o que for necessário para controlar a variância combinada, de modo que as operações

ocorram em conformidade com o prazo prometido, esperado ou padrão com a maior frequência possível.

Custo de transporte, nível de serviço e otimização

O departamento de transporte é, em muitos casos, responsável por mais de 50% do custo médio da logística de uma empresa (Bowersox e Closs, 2001) e, portanto, pode representar papéis operacional e estratégico significativos. Também é responsabilidade do departamento de transporte a pesquisa de meios alternativos, pelos quais o transporte possa ser efetuado com redução do custo logístico total.

Alvarenga e Novaes (2000) indicam que o objetivo primordial da busca de soluções modais alternativas é a redução dos custos logísticos e que um outro objetivo do uso de modalidades alternativas é, em alguns casos, a melhoria do nível de atendimento aos clientes (p.ex. maior rapidez, pontualidade e segurança). Segundo os autores, recentemente a indústria e o comércio, de uma maneira geral, passaram a se preocupar bastante com a qualidade dos serviços de transporte. Essa maior preocupação decorre da necessidade de reduzir custos de estoques, pressões para menores prazos de entrega (em função de exigências de mercado e concorrência) e, ainda, da diversificação (geográfica e de diferenciação dos produtos) da produção, entre outros fatores. Dentro dos novos conceitos logísticos já não basta transportar a carga de um ponto A para outro ponto B, garantindo ao mesmo tempo sua integridade. O fator “confiabilidade”, representado pelo estrito respeito aos prazos, vem sendo cada vez mais exigido do setor transporte.

Ainda segundo Alvarenga e Novaes (2000), a questão é como se chegar ao nível de equilíbrio ideal entre o nível de serviço pretendido e os custos decorrentes. Quando desejamos melhorar o nível de serviço, é natural que esperemos custos mais elevados. No entanto, encontramos com certa frequência situações operacionais não eficientes, com custos relativamente altos e sem contrapartida em outros aspectos desejáveis. Ao se aplicar um enfoque sistêmico, visando a solução do problema através de aumento de eficiência, muitas vezes ocorre uma situação inversa: redução de custos com melhoria do nível de serviço.

Souza (2007) destaca que só é possível alcançar a excelência na qualidade em serviços quando os atributos valorizados pelos clientes são conhecidos e

Guidali (2001) identifica que, de forma geral, uma empresa para descrever o nível de serviço a ser oferecido aos clientes, deve responder às seguintes perguntas:

- Qual deve ser o *lead time* entre o recebimento dos pedidos e a entrega dos produtos?
- Até onde reduzir a taxa dos produtos em falta?
- Até onde conter os erros nas expedições?
- Quais decisões tomar quanto à faixa horária de aceitação dos pedidos e ao horário de fechamento para receber os pedidos?
- Como mudar as dimensões do lote dos pedidos?
- Como definir a frequência de entrega?
- Que nível de serviço garantir no momento da entrega?

Atrasos, armazenagem e a consolidação de cargas

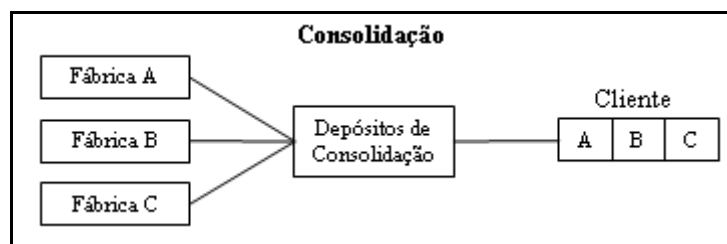
Geralmente, quanto maior o carregamento menor será o custo de transporte por unidade de peso, e quanto maior a distância percorrida menor será a taxa de crescimento do custo de transporte. Ou seja, o aumento das duas variáveis simultaneamente tende a proporcionar um menor custo unitário [$R\$/ (t \cdot km)$] de transporte. Para se obter tais vantagens, é necessário adotar programas inovadores que possibilitem o agrupamento de cargas pequenas e, conseqüentemente, uma movimentação consolidada (Bowersox e Closs, 2001).

Alvarenga e Novaes (2000) destacam que em alguns casos, quando a empresa utiliza transportadoras para a transferência de seus produtos, pequenos atrasos são toleráveis, criando amplas possibilidades para a consolidação de cargas. Ou seja, a transportadora mantém os produtos em seu depósito esperando outras cargas (talvez de outros clientes) para o mesmo destino, com isso garantindo carregamento completo, ou quase completo, para seus veículos. O mesmo pode se dar na outra ponta, quando a carga aguarda no depósito até que a transportadora consiga um carregamento satisfatório para um determinado roteiro de entregas. Isso significa que o *pooling* de cargas de diversos clientes pode ser uma oportunidade para aumentar a eficiência em relação a uma operação logística própria da empresa.

Entretanto, segundo Bowersox e Closs (2001), a consolidação de cargas é uma vantagem econômica intrínseca da armazenagem e caso uma empresa tenha escala suficiente, a eficiência da consolidação não exige o *pooling* com cargas de

outras empresas. O depósito permite que a movimentação de materiais e de produtos, tanto do fornecedor para o depósito, como do depósito para o cliente, possa ser consolidada em embarques maiores. A Figura 3 mostra o fluxo de consolidação em depósitos.

Para uma consolidação eficiente, cada fábrica deve usar o depósito como local avançado de estoque, ou como ponto de separação de mercadorias e de montagem de entregas. A primeira vantagem da consolidação é a combinação do fluxo logístico de várias cargas menores para uma mesma região geográfica específica. A consolidação em depósitos pode ser usada por uma única empresa, ou por um grupo de empresas que contratam o serviço de consolidação de terceiros. Com esse tipo de arranjo, cada fabricante ou embarcador pode obter custos totais de distribuição menores do que aqueles incorridos em entregas individuais diretas.



Fonte: (Bowersox e Closs 2001)

Figura 3: Vantagem da armazenagem relacionada à consolidação de cargas pela existência de depósitos de consolidação.

Histórico da consolidação de cargas

A consolidação de cargas começou a ganhar destaque a partir de 1980, quando houve a desregulação dos setores aéreo, ferroviário e de transporte automotivo nos EUA. Nessa época alguns artigos procuravam examinar a idéia da consolidação de cargas, como Hall (1987), que apresentou estratégias de consolidação baseada em estoque, veículos e terminais e seus *trade-offs*. Além disso, ele salientou que as estratégias de consolidação devem considerar o equilíbrio ideal dos benefícios da consolidação relacionados a custos menores de transporte de um lado e, de outro, os custos adicionais. Tais custos podem decorrer do aumento de estoques, de rotas mais longas e de operações adicionais em terminais (mão-de-obra, aquisição de novas instalações, ou expansão das já existentes, entre outros).

Essa identificação é feita a partir dos seguintes questionamentos: (i) Com que frequência os veículos devem ser liberados? (ii) Quantas paradas deverão ser realizadas por rota? (iii) Quantos terminais de consolidação são necessários para a estratégia de consolidação baseada em terminais? (iv) Qual a política de roteirização? O autor conclui afirmando que, se adequadamente planejada, racionalizada e coordenada, a consolidação pode reduzir significativamente os custos de transporte sem sacrificar o nível de serviço ao cliente. A chave para a formulação da estratégia é um claro entendimento das alternativas de consolidação e seus *trade-offs*.

Segundo Masters (1980), já naquela época a consolidação de frete vinha sendo sugerida como resposta ao elevado custo de entregas pequenas. Neste sentido a pesquisa realizada teve o propósito de responder às seguintes perguntas: quais são os efeitos da consolidação no nível de serviço ao cliente? Como a consolidação afeta o tempo médio de entrega e sua variabilidade? Qual tipo de modelo de consolidação deve ser empregado? Como os detalhes do plano de consolidação afetam o desempenho do sistema de distribuição física?

O modelo de consolidação de frete considerado pelo estudo corresponde ao de ampla aplicação no mercado, no qual as empresas segmentam o conjunto de clientes de acordo com as regiões geográficas em que atuam e determinam um ponto de consolidação em cada região. Então as ordens de clientes são acumuladas até formarem um volume de mercadorias adequado para envio ao centro de consolidação onde são separadas e, talvez com nova consolidação (agora, por rota), entregues aos clientes finais.

A pesquisa indicou que modelos de consolidação podem reduzir significativamente o custo de transporte em função da grande diferença entre taxa média unitária de frete de um veículo de maior porte com carga plena e a de veículos menores, e/ou com pouca carga, realizando pequenas entregas. Destacou, também, que o tempo de ciclo do pedido, medido pelo tempo médio de ciclo, assim como sua variância, são críticos no processo de consolidação.

Após realizar simulações baseadas em um modelo de consolidação foram obtidos os seguintes resultados: a consolidação de frete é uma técnica útil para redução de custo de transporte, tende a aumentar o tempo médio de entrega e tende a manter ou reduzir a variância do tempo médio de entrega. As características dos pedidos dos clientes, como frequência e tamanho médio do

pedido, são as principais determinantes do nível de desempenho alcançado pelo sistema logístico através da consolidação. Cabe aqui ressaltar que essas conclusões, obtidas por simulação, supõem que o sistema sem consolidação é eficiente, ou seja, que não está sob a influência de fatores não-técnicos como determinações contratuais ou diretrizes corporativas.

Jackson (1981) apontou a consolidação de pedidos de clientes como uma estratégia de distribuição física com potencial para redução de custos de transporte e de estoques. Naquela época ele indicava a falta de publicações que pudessem auxiliar a gerência de distribuição no projeto e operação de um sistema de consolidação de pedidos. Então propôs uma metodologia para análise de sistemas de consolidação de pedidos e seu uso para investigação das principais variáveis que afetavam o sistema.

A aplicação dessa metodologia mostrou que baixos níveis de serviço eram resultantes de longos e erráticos *transit times* para a entrega de cargas de pequenos volumes, que também sofriam maior propensão a extravios ou avarias em função da maior frequência de manipulação proporcionada pelos pequenos volumes. A razão para a grande quantidade de pedidos pequenos era a pressão sofrida pelos clientes com a proliferação de produtos e a tendência dos atacadistas e varejistas para reduzir estoques, desejando, assim, que os fornecedores fossem capazes de reagir rapidamente e atender a pedidos pequenos e frequentes. Como consequência, empresas habituadas a expedir em pequenos volumes estariam sempre diante de custo de transporte crescente associado à deterioração dos níveis de serviço, enquanto, ao mesmo tempo, os clientes estariam colocando, cada vez mais, pedidos menores.

Foram descritas três estratégias pelas empresas para tratar a questão da distribuição física: (i) envio do veículo parcialmente carregado direto para o cliente; (ii) depósito auxiliar, para onde os produtos seriam enviados em grande volume em antecipação à demanda; (iii) consolidação de pedidos, onde pedidos de baixo volume destinados à mesma região geográfica seriam combinados para a formação de volume e enviados a um depósito da região para a separação e envio aos clientes finais.

Após comparar cada uma das estratégias foram apontados os seguintes resultados: um sistema de consolidação seria capaz de proporcionar tanto redução do custo de transporte quanto redução do *transit time*; em termos gerais, o volume

de pedidos determinaria o tempo de intervalo entre as expedições (tempo de retenção) e a estratégia de expedição das mercadorias a ser usada, de forma que o sistema de consolidação fosse viável tanto do ponto de vista econômico, operando com custos adequados, quanto do nível de serviço prestado ao cliente.

Pesquisa realizada por Jackson (1985) através de um questionário que coletou informações sobre o processo de consolidação de cargas de 53 empresas participantes do **National Council of Physical Distribution Management** apontou a redução de custo como razão mais importante para a realização de procedimentos de consolidação. Outra conclusão interessante foi a tendência de a consolidação de frete, ao ser aplicada nas empresas em geral, não considerar um mesmo padrão de nível de atendimento para todos os clientes, mas sim, políticas e níveis de serviço diferenciados de acordo com o cliente, o destino e a quantidade de carga a ser expedida.

Políticas de consolidação e o nível de serviço

Após avaliar políticas de consolidação baseadas em quantidade (todos os pedidos para um destino particular são retidos e enviados somente após o atingimento do volume de consolidação), tempo (envio das mercadorias em uma data pré-determinada, independente de haver ou não volume satisfatório para consolidação) e quantidade-tempo (todos os pedidos para um destino particular são retidos e enviados quando ocorrer um dos seguintes eventos: a chegada de uma data pré-determinada, ou o atingimento do volume de consolidação), Higginson e Bookbinder (1994) indicaram que é fundamental o conhecimento do nível de serviço desejado pelo cliente para a escolha da política de consolidação adequada.

O resultado da avaliação mostrou que para várias combinações de taxa de recebimento de pedidos (quantidade de pedidos recebidos por dia, tendo um valor esperado para a quantidade solicitada em cada pedido), quantidade de custo mínimo (quantidade acumulada pela retenção de pedidos para garantir o custo unitário mínimo de transporte) e tempo máximo de retenção (tempo máximo estipulado para retenção dos pedidos até que se atinja ou não uma quantidade satisfatória para consolidação) a melhor política dependerá dos objetivos gerenciais relacionados a custo e nível de atendimento ao cliente. O desenvolvimento de regras de decisão sugerindo a melhor política não é trivial,

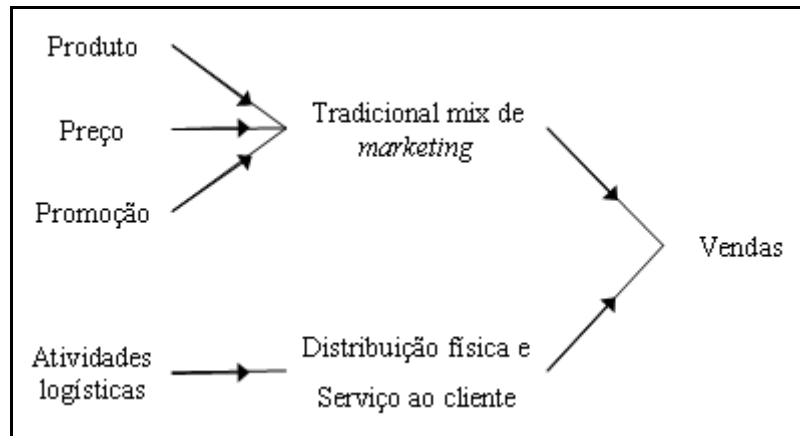
pelo fato de que os parâmetros mencionados acima podem assumir uma ampla faixa de valores (não necessariamente ótimos). Os objetivos gerenciais podem preferir uma quantidade de consolidação menor que a ótima, levando à prática de um custo unitário superior ao custo mínimo, visando garantir um melhor nível de atendimento a cliente. Ao final é indicado que após a escolha da política de consolidação os valores para os parâmetros deverão ser determinados e que esta abordagem será seguida em pesquisas futuras.

Com foco no nível de serviço Innis e Londe (1994) estudaram a influência do nível de serviço nas atitudes e satisfação do cliente e no *market share* das indústrias de reposição de vidros automotivos. A idéia era basicamente a de que um cliente satisfeito estaria mais propenso a realizar novas compras levando ao aumento do volume de vendas e de *market share*.

O estudo ressalta que iniciativas integradas voltadas para a satisfação do cliente incluem o que é denominado de “quatro p’s” de *Marketing*, que são produto, promoção, preço e praça, esta última relacionada à distribuição ou disponibilidade do produto ao cliente. Geralmente a área de *Marketing* é considerada a área funcional da empresa mais voltada para a satisfação do cliente. Contudo, a execução da distribuição física tem um importante papel no nível de satisfação do cliente e seu impacto não deve ser desprezado (Figura 4). O nível de serviço ao cliente é a principal forma pela qual as atividades de distribuição física podem contribuir para o sucesso de uma empresa, pelo poder de influenciar a demanda de mercado adicionando, do ponto de vista do cliente, valor ao produto.

Três hipóteses foram formuladas para o estudo: (i) O nível de atendimento a cliente contribui para a satisfação de seus clientes; (ii) O nível de atendimento a cliente contribui para a fidelização do cliente; (iii) O nível de atendimento a cliente contribui para as intenções de compras futuras dos clientes de uma empresa. A pesquisa foi conduzida através de questionários enviados a 750 empresas varejistas, tendo sido obtidas 138 respostas. O questionário foi baseado em uma lista destacando a importância de 32 atributos tanto de Atendimento a Clientes quanto de *Marketing* e, em conjunto com dados demográficos e medidas de satisfação permitiu comprovar integralmente as hipóteses 1 e 3, e parcialmente a hipótese 2. Ao final foram sugeridas várias recomendações práticas para as empresas, no sentido de entender as demandas do nível de atendimento, visando o fortalecimento e adequação do nível de serviço aos clientes como diferencial

competitivo para a conquista, manutenção e fidelização de clientes. Pesquisas adicionais foram sugeridas visando a avaliação de empresas que tenham planos verdadeiramente integrados para as áreas de Atendimento a Clientes e *Marketing*.

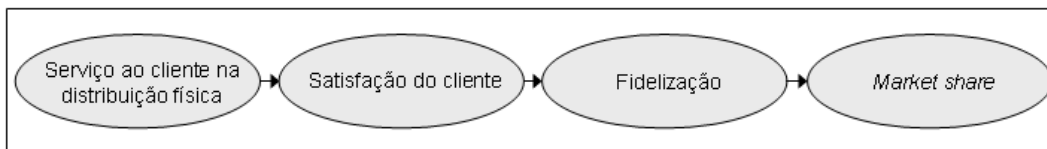


Fonte: (Innis e Londe 1994)

Figura 4: Importância do serviço ao cliente proporcionado pela atividade de distribuição física na satisfação do cliente.

Daugherty, Stank e Ellinger (1998) propõem que o *market share* conquistado por uma indústria de produtos pessoais seja consequência da percepção e fidelização do cliente em função de sua satisfação quanto ao serviço recebido, como mostra o modelo conceitual (Figura 5). Colocam também, que diante de produtos similares de uma grande variedade de fornecedores, a escolha pode se dar através da qualidade e da variedade dos serviços relacionados à venda que são oferecidos.

As hipóteses formuladas foram: o desempenho dos serviços de distribuição física está positivamente relacionado à satisfação do cliente, e a satisfação do cliente está positivamente relacionada à sua fidelização. Ao final foi identificado que o nível de serviço por si só não leva ao aumento de *market share*. Entretanto, quando o nível de serviço está atrelado à fidelização do cliente o aumento esperado pode ocorrer. Além disso, observou-se que, para conquistar a fidelização, além da satisfação do cliente com relação ao nível de serviço, é importante entender sua percepção com relação ao valor que ele espera dos produtos e serviços.



Fonte: (Daugherty, Stank e Ellinger 1998)

Figura 5 : Modelo conceitual de incremento de *market share* como consequência da percepção do cliente quanto aos serviços logísticos, sua satisfação e fidelização.

Últimas tendências

Uma revisão bibliográfica elaborada por Çetinkaya (2004) considera as últimas tendências em gestão logística integrada com foco nas iniciativas recentes relacionadas à cadeia de suprimentos. Segundo o autor, são três as iniciativas que permitem a integração entre as políticas relacionadas ao estoque e as relacionadas ao transporte: i) *Vendor Managed Inventory* (VMI), que basicamente significa o controle do inventário do cliente pelo fornecedor; ii) *Thirdy Party Warehousing/Distribution* (3PW/D), que está relacionada a contratos com terceiros de forma que o terceiro realize, em seus depósitos, a consolidação de cargas antes de expedi-las para os clientes; e iii) *Time Definite Delivery* (TDD), que aborda de forma contratual a questão do tempo de retenção de remessas, visando a consolidação de cargas.

Através dessas iniciativas seria possível a obtenção de ganhos substanciais pela cuidadosa implementação de uma estratégia de expedição em conjunto com políticas de reposição de estoques. O impacto seria ainda mais visível caso a estratégia de expedição estivesse relacionada a um programa de consolidação onde várias remessas pequenas fossem expedidas como uma única remessa de mercadorias, levando à economia de escala inerente ao transporte.

O desenvolvimento de um programa de consolidação de cargas para a expedição envolve decisões tanto estratégicas quanto operacionais, como a localização dos terminais de consolidação, o desenvolvimento de roteiros de entrega factíveis e a alocação dos veículos, entre outros. Após a tomada das decisões de mais alto nível, a etapa seguinte seria a escolha ou determinação da rotina operacional, como a política de consolidação para as questões relacionadas ao dia-a-dia. O programa de consolidação de cargas pode ainda ser implementado sem coordenação, como uma política isolada de consolidação, ou de forma coordenada e integrada com as políticas de estoques.

Consolidação isolada de cargas

A rotina operacional relacionada à consolidação isolada determina uma regra de expedição a ser empregada a cada vez que um pedido de cliente for recebido. Critérios relevantes para a seleção da rotina operacional incluiriam o nível de serviço e a redução de custo de frete. Assim, duas questões fundamentais precisam ser respondidas: i) em que momento deverá ocorrer a expedição para que o nível de serviço desejado seja atingido; ii) qual deverá ser a quantidade mínima expedida de forma a garantir a maior economia de escala. É interessante notar que ambas as questões são relacionadas ao tempo de espera, pois a consolidação de cargas se dá pela retenção de remessas pequenas durante um determinado período, o que é conhecido como consolidação temporal de carga.

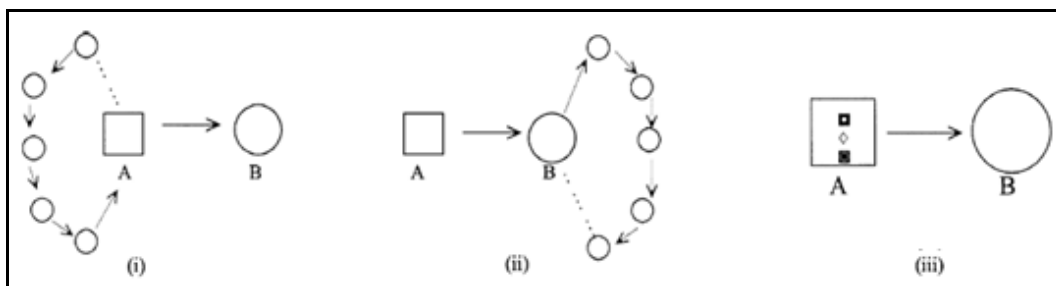
Existe extensa literatura relacionada às políticas de consolidação isolada. Pesquisas recentes nessa área se concentram no desenvolvimento de modelos analíticos como ferramentas importantes para a obtenção de rotinas apropriadas para a consolidação temporal.

Bookbinder e Higginson (2002) oferecem uma abordagem randômica para o estudo do impacto de um programa de consolidação em transporte privado considerando tamanho médio de carga, custo total, custo de manter estoque e tempo de espera. Oferecem, ainda, métodos probabilísticos para a incorporação de medidas relacionadas a atendimento a clientes e características de sistemas frequentemente não consideradas por modelos determinísticos como lote econômico e outros. A idéia é fornecer uma política baseada em tempo e quantidade por considerar que a combinação desses dois fatores produza melhor atendimento a clientes. Ao final os autores informam que o modelo é proposto sem o propósito de uso em tempo real em um centro de distribuição e deixam propostas para investigações futuras como: i) identificar a estratégia de consolidação ótima para embarcadores que possuam frotas mistas contendo tanto veículos grandes, quanto pequenos; ii) a consolidação temporal é inter-relacionada com a programação dos veículos de forma que, por sua vez, constitui um outro problema randômico a ser analisado.

Çetinkaya e Bookbinder (2002) reformularam teorias para duas estratégias comumente utilizadas na prática, obtendo o peso ideal a ser acumulado até a expedição da carga para a política de consolidação isolada baseada em

quantidade, e a duração ótima do ciclo de consolidação para a política isolada baseada em tempo (tempo máximo de retenção de cada pedido de cliente).

As três abordagens consideradas no estudo, Figura 6, foram: (i) tendo o ponto A como origem de mercadorias a serem expedidas para o ponto B, caso o produto consista de componentes ou montagens parciais obtidas através de vários fornecedores. Esta situação seria pertinente, por exemplo, se B fosse uma planta de montagem automotiva e A fosse um depósito que fizesse entregas, segundo o modelo *just-in-time* (JIT) para B; (ii) De forma alternativa, supondo que A seja uma fábrica e B um centro de distribuição, uma vez que B não seja o destino final seria lógico que vários pedidos de clientes fossem expedidos em conjunto; (iii) Uma terceira possibilidade seria considerar B como o destino final, tendo a carga sido formada por múltiplos produtos produzidos por A.



Fonte: (Çetinkaya & Bookbinder, 2002)

Figura 6: Exemplos de consolidação de cargas.

Seus principais resultados demonstram que a política isolada baseada em tempo permite definir e atingir o nível de serviço a ser praticado com o cliente. Porém, o mesmo não ocorre com a estratégia baseada em quantidade, que pode ocasionar uma demora excessiva para a expedição de mercadorias após o recebimento do pedido do cliente. Consideram, também, que ambas as políticas compreendem um relaxamento de um problema mais amplo, onde uma função objetivo poderia generalizar ambos os casos e com a qual uma política mais abrangente baseada em tempo e quantidade poderia, então, fornecer resultados mais consistentes com a ampla utilização industrial da consolidação de cargas.

Consolidação integrada de cargas

O interesse no gerenciamento da cadeia de suprimentos surge pelo fato de se reconhecer que um elevado desempenho para toda a cadeia requer a coordenação

de decisões, não só entre diferentes áreas funcionais da empresa, como Compras, Produção, *Marketing* e Distribuição, mas também entre tais áreas do fornecedor e do cliente. Recentemente muitas pesquisas têm focado assuntos relacionados à coordenação da cadeia de suprimentos. Arntzen, Brown, Harrison e Trafton (1995) demonstraram como foram avaliadas e implementadas alternativas relacionadas à cadeia de suprimentos de uma grande empresa de equipamentos digitais que se reinventou utilizando o modelo global de cadeia de suprimentos. Blumenfeld, Burns, Daganzo, Frick e Hall (1987) discutiram, dentre outros assuntos, o inter-relacionamento entre transporte e custo de estoque para uma grande indústria automotiva e que a escolha favorecendo um ou outro dependeria do tamanho do lote de expedição ou da frequência de expedição.

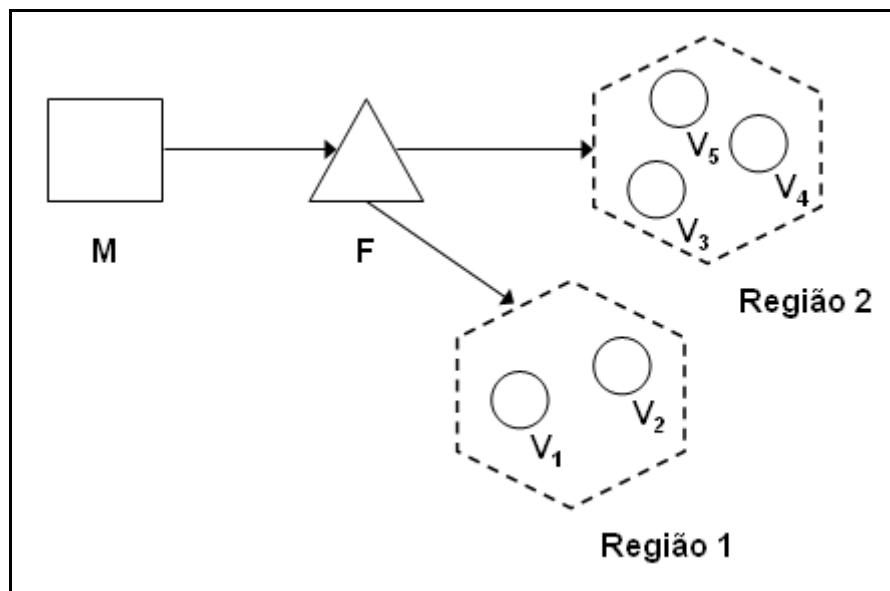
Seguindo essa tendência existe a necessidade de discutir uma nova classe de problemas de coordenação, aplicáveis em uma grande variedade de iniciativas em cadeias de suprimento, relacionada às políticas de estoques e transporte. Exemplos destas iniciativas, como apresentado anteriormente, incluem VMI, 3PW/D e TDD.

VMI é uma importante iniciativa de coordenação em cadeias de suprimentos. Com VMI o fornecedor tem o poder de gerenciar o inventário sobre itens previamente acordados nas instalações do cliente. Como resultado, o VMI oferece ampla oportunidade de sincronismo entre a expedição, em particular a consolidação de cargas, e as políticas de estoques. De forma similar, acordos do tipo 3PW/D e TDD são contratos baseados em procedimentos destinados a proporcionar otimização de carga e tratamento temporal para remessas de mercadorias, respectivamente. O principal objetivo relacionado a essas três iniciativas é o de proporcionar um sistema de distribuição eficiente.

Chen, Wang e Xu (2005) avaliaram a política baseada em tempo e a política baseada em quantidade com o enfoque voltado para a consolidação integrada através de VMI. Eles ressaltaram que um programa típico de VMI permite ao fornecedor certo nível de controle não apenas relacionado à política de reabastecimento de seu estoque, mas também à política de fornecimento baseada em consolidação por tempo e/ou por quantidade. A pergunta a ser respondida era determinar se a política de menor custo seria a baseada em tempo, ou a baseada em quantidade. Ao final não foi encontrada distinção clara entre os custos das políticas, mas foi verificado que pelo fato da política baseada em quantidade

degradar o serviço (prazo de entrega) supõe-se que a política híbrida apresente maior custo.

Çetinkaya e Lee (2000) apresentaram uma abordagem nova para a utilização do VMI através de um modelo analítico para coordenação de políticas de estoques e transporte em sistemas VMI. Nela, o fornecedor, conhecendo as demandas de seus clientes de uma dada região geográfica, teria autonomia para reter remessas pequenas durante um determinado tempo com a expectativa de que seja consolidada carga suficiente para proporcionar economia de escala no transporte. Eles indicaram, ainda, a necessidade de pesquisas considerando o caso em que o nível de serviço esperado pelo cliente através do *lead time* não seja negligenciado. A Figura 7 esquematiza o modelo de consolidação com o VMI.



Fonte: (Çetinkaya e Lee 2000)

Nota: (M – manufatura; F – fornecedor; V – varejista)

Figura 7: Modelo de consolidação de cargas com VMI.

Bourland, Powell and Pike (1996) exploraram a troca de informações diárias ou defasadas (consolidadas semanalmente, por exemplo) na cadeia de suprimentos com o objetivo de tornar a demanda do cliente rapidamente visível para o fornecedor. Demonstraram que benefícios podem ser obtidos como a redução de estoques tanto pelo fornecedor, que passa a ter maior acuracidade na informação sobre a demanda, quanto pelo cliente que passa a confiar mais no fornecedor. Mostraram, ainda, que tais benefícios são sensíveis à variabilidade da demanda do cliente, ao nível de serviço do fornecedor e ao grau de maior ou menor

sincronismo entre o ciclo de pedido do cliente e o ciclo de produção do fornecedor.

A realização das oportunidades oferecidas pelo VMI e acordos do tipo 3PW/D e TDD, no entanto, requerem o equilíbrio entre o tempo a ser aguardado para a expedição (TDD), a economia com o tamanho do lote de expedição e os custos de manter estoques.

Outro trabalho relevante foi o desenvolvido por Jaruphongsa, Çetinkaya e Lee (2004) baseado em um caso real de um fabricante de computadores. Eles estudaram a otimização do estoque envolvendo VMI, 3PW/D e acordos de TDD que determinavam restrições de tempo máximo de retenção para consolidação e expedição de carga. No modelo considerado o 3PW/D era também responsável pelo VMI do fornecedor e era capaz de tomar decisões baseadas em política híbrida de quantidade-tempo, mas tendo que acatar o tempo máximo de retenção das remessas em função do contrato de TDD. O trabalho não é conclusivo pelo fato de que as limitações impostas pelo contrato de TDD não permitiram a caracterização do problema. Sugerem novas pesquisas incluindo restrições de capacidade de produção, estoques e carregamento.

Desafios para a modelagem

Embora a determinação de regras práticas para a consolidação de cargas tenha recebido bastante atenção da literatura, métodos computacionais prevendo políticas ótimas para consolidação temporal permanecem como uma área necessitando de pesquisas futuras. Trata-se de uma área desafiadora pelas seguintes razões:

Atendimento a cliente

Se a política de consolidação for temporal, o primeiro cliente a colocar o pedido será o que irá aguardar por mais tempo. Por essa razão deverá ser definido um nível de serviço mínimo aceitável, ou seja, que exista um tempo máximo de retenção da expedição. A questão é que não há garantia de que os pedidos subsequentes serão suficientes para atingir o volume de consolidação e o ganho de custo com a estratégia de consolidação. Pesquisas futuras poderiam analisar o custo contra o tempo de espera relacionado a diferentes níveis de serviço;

Custo de transporte, de retenção de embarque e de espera

Em qualquer programa de consolidação decorre um tempo entre o recebimento dos pedidos dos clientes e a expedição da carga consolidada. O custo de transporte está relacionado ao transporte propriamente dito. O custo de retenção de embarque está relacionado às despesas ocorridas no depósito por manter um estoque maior durante um ciclo de consolidação e ao custo de oportunidade por eventuais pagamentos antecipados para compra de materiais ou investimento em estoque. Custos de espera representam a perda de oportunidade com o atraso de receita e, também, possível degradação da imagem da empresa para o cliente. Uma política ótima deveria ser capaz de minimizar a soma dos principais custos;

Inter-relacionamento entre a política de estoque e de expedição

Se uma política de consolidação de cargas está em prática, então requisições de reabastecimento do fornecedor são parcialmente ditadas pela programação da expedição para os clientes. A integração das políticas de produção e estoques com a política temporal de consolidação de cargas aumenta o tamanho e a complexidade do problema;

Estrutura do custo de transporte

Diferentes padrões de custo de frete ocorrem durante a consolidação de cargas dependendo dos diferentes fatores que compõe o custo de frete, como o modal, políticas de roteirização e tipo de veículo;

Capacidade de carregamento

Restrições de capacidade de carregamento levam à situação em que o volume de carga consolidada exceda a capacidade de carregamento antes que um volume econômico para expedição seja acumulado. Com isso a capacidade de carregamento deverá ser modelada como possível restrição;

Diferentes regiões e produtos variados

A coordenação de programação de expedição para diferentes regiões é particularmente desafiadora quando a demanda e o perfil dos clientes de diferentes regiões são diferentes. Uma complicação similar ocorre quando os produtos são muito variados.