

Destilação da Ciência Logística

Parte I

Uma visita às bases fundamentais da logística:

Pessoas e Conhecimento

Mário M. S. Soriano

2025

Introdução

Não há restrições para o conhecimento, seja em razão de posição hierárquica, ou mesmo idade, gênero, posição social, ou qualquer outra limitante. Infere-se que os profissionais das áreas de base operacional, por exemplo, podem dominar temas comumente escalados para lida nas esferas hierárquicas mais elevadas. Do mesmo modo, alguém das hierarquias mais altas, eventualmente, não necessariamente domine todo o escopo de conhecimentos típicos de profissionais das áreas mais basilares do organograma, como um sócio que apenas atua aportando capital, ou o proprietário da empresa que não domina línguas, computação, etc. O conhecimento pode ser adquirido por todos, desde que haja dedicação e disciplina. Acima de tudo, não é necessário poder aplicar um conhecimento para obtê-lo. Saber é investimento de retornos duradouros.

De forma geral e ilustrativa, observa-se que a trilha evolutiva de um profissional da logística passa pelas dimensões operacionais, táticas e estratégicas, somando não apenas experiência e saber puramente logístico, mas abraçando um universo interdisciplinar mais amplo a cada degrau. Conforme avançam, vão sendo somados ao conteúdo mais massa crítica, como por exemplo, os temas de qualidade, administração, gestão, legislação, estatística, informática, finanças e economia, estratégia, ESG, compliance, liderança, gestão de pessoas, etc. Assim, a cada nível na carreira, subentende-se que os conhecimentos, habilidades, atitudes, títulos e experiências de um profissional tenham agregações não apenas verticalmente, na esfera de abrangência da logística, isoladamente, mas também ocorrem agregações horizontalmente, em áreas de notável relevância para os mercados em vários segmentos.

Ronald H. Ballou, autor que fez questão de mencionar em algumas de suas obras que os conteúdos de suas obras eram principalmente fruto de suas próprias observações. O autor, como todos sabem, é uma das mais citadas referências da

área de todos de tempos. Ao abordar os primórdios da logística enquanto uma área de conhecimento, o autor ressalta:

Physical distribution with its outbound orientation was first to emerge, since it represents about two thirds of logistics costs and it was considered a component of the marketing mix (product, place or physical distribution, promotion, and price) of essential elements. Business logistics, with its broader scope that includes inbound movement, was soon to follow. It is useful to look at what was envisioned by early proponents of the areas to see the fit with current views and to give some idea of future directions (Ballou, 2007) - In: The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management, Article in European Business Review.

Uma ilustração de efeito: suponhamos que um profissional de hierarquia inicial, eventualmente, posicione-se de forma a entender e declarar que não precisa estudar a fundo um certo cálculo matemático relativo a uma operação distinta de sua empresa, com a justificativa de que o computador faz todas as contas por ele. Porém, ao evoluir, esse colaborador descobrirá que as fórmulas usadas pelo sistema não surgem ao acaso - algum conhecedor da essência da logística, da gestão, dos negócios e da estatística, é quem parametriza esse cálculo, é quem determina o que o computador vai fazer, de que forma, quando, em que extensão, etc. O cálculo, de fato, é um objeto de interesse da logística.

Em outro exemplo, suponhamos que o profissional tenha consigo o pensamento de que não é importante estudar temas como computação, inglês, ou mesmo participar do seminário sobre compliance oferecido pelo setor administrativo, da palestra ministrada pelo CFO, o treinamento sobre indicadores de performance, etc, com a justificativa de que sua área é logística, então não precisa desses conhecimentos. Mais à frente, ele descobre que o seu colega de turno foi promovido, está nos Estados Unidos realizando um curso para ser o novo gerente da empresa. É como o profissional que realiza um lançamento no sistema sempre que uma mensagem em vermelho surge na tela do terminal com a mensagem

"ROP¹ fazer pedido SKU² XXXXX" (somente um exemplo abstrato), fazendo um pedido para aquisição ao setor de compras por protocolo, sem que se interesse em saber o que são as siglas, ou não buscar saber o motivo de ter depositado os pallets em certa posição, ou ainda, detalhes dos leitores laser ou tags de RFID que passa por suas mãos todos os dias.

Considero de extrema importância para todos os profissionais buscar sempre tanto a vanguarda, atualização e ferramentas inovadoras, quanto buscar a releitura e aprimoramento junto às bases de conhecimento logístico - assim, tanto aprendemos como reaprendemos a cada dia. Logística é área da economia e do conhecimento que tem vasta gama de vertentes e desmembramentos, conexões, inter-relações e desafios. Líderes, no significado moderno de liderança, influencia a busca desses conhecimentos pelo exemplo, pelas atitudes e pela transmissão de conteúdo aos demais, uma distinção de valor imensurável.

¹ Reorder Point (ROP), ou Ponto de Reposição representa o nível mínimo de estoque no qual um novo pedido deve ser feito para evitar a falta de produtos. $ROP = (\text{Consumo médio diário} \times \text{Tempo de entrega}) + \text{Estoque de segurança}$

² SKU (Stock Keeping Unit) é um código único para identificar e organizar produtos em um estoque.

Reflexões

Há tantas formas de se compreender e abordar uma atividade representativa como a logística que não podemos simplesmente apontar uma ou outra doutrina como a mais acertada, a que melhor define ou estabelece uma linha doutrinária única. Destarte, podemos referenciar os tantos autores de peso, as suas definições, mas a abordagem e síntese do conteúdo é relativa, talvez dependente de cada abordagem e cada situação real, de acordo com a visão de cada profissional da área.

Particularmente, vejo a logística em dimensões distintas, conforme descrevo a seguir:

1. Logística do ponto de vista operacional, com horizonte de curto prazo e enquanto processo de movimentação de materiais nas cadeias de fornecimento, envolve atividades como transportes, armazenagem, manuseio de produtos, conferências, carga e descarga de mercadorias, proporcionando a uma empresa meios de cumprir seus objetivos como entidade agregadora de valor. Nessa ótica, operacionalmente, a logística atua em uma cadeia de fornecimento atendendo demandas da sociedade em forma de movimentação. Seus executores transportam, manuseiam, enviam e recebem, mantêm materiais diversos, de todos os tipos de origem e todas as cadeias produtivas. Tais profissionais acessam e operam sistemas e equipamentos, lançam e executam ordens de serviço, analisam e executam ações conforme protocolos, procedimentos e manuais, sob o comando de gestores diretos. Realizam os serviços que são a essência material da atividade, personificada por várias classes de profissionais, de níveis diferentes, de iniciantes até gestores de média hierarquia, várias faixas etárias e origens, graduações variadas, e respondem geralmente aos gerentes de área ou de unidade.
2. Logística no ponto de vista tático, em abordagem relacionada ao médio prazo, temos processos de gestão, controle, otimização e performance, envolvendo orçamentos, preços, custos, indicadores, contratação de parceiros, mão de obra e serviços, tecnologias, desenhos de redes logísticas básicas, modelagem de

operações, integrações de processos entre unidades, comunicação, etc. São funções gerenciais de nível Sênior, respondendo normalmente aos respectivos diretores e aos shareholders, e representando a empresa perante o governo, empregados e sociedade, com relativa liberdade de atuação, definida pela organização, podendo ou não executar orçamentos até limites específicos e dentro de condições específicas. Eventualmente, tem poderes de contratar e destratar com terceiros, desde que empoderado por mandato. Também tomam serviços, realizam movimentações financeiras comuns e pagamentos de pessoas físicas, emitem recibos e dão quitação a obrigações.

3. E a logística do ponto de vista estratégico, de longo prazo, temos a logística como processo de decisão envolvendo os temas mais amplos, de cateter macro, como a movimentação e alocação de capitais, recursos, ativos, envolvendo políticas elementares de posicionamento da empresa (MTS ou MTO³), investimentos e desinvestimentos, fusões e aquisições, localização de novas unidades de negócio, abrangência do portfólio, ativos, capitais e financiamento das atividades, questões relativas aos sócios, dentre outros tipos de elementos. São os diretores, conselheiros, executivos e consultores que executam as atividades decisórias de grande impacto, respondendo aos acionistas, empoderados por estatutos ou mandatários de sócios, atuam com relativa independência em nível de decisão. Financiam ou administram o capital, e no caso de consultores, auditores e conselheiros, tem a palavra sobre assuntos de suas competências respectivas.

Assim, acredito em uma abordagem pluridimensional da logística, seguindo conclusões fruto de estudos de mais de 25 anos na área de comércio exterior e logística, me permito trazer opiniões que, mesmo distintas de boa parte de fontes “do google”, por fiel cumprimento de parâmetros da pesquisa científica, e ainda, por questões de abrangência e magnitude do que pude aquiescer, defino

³ Os termos MTS e MTO referem-se a estratégias de produção utilizadas na indústria para atender à demanda dos clientes. MTS (Make to Stock) opera com produção baseada em previsões de demanda, onde os produtos são fabricados e armazenados antes de serem vendidos. MTO (Make to Order) opera com produção sob demanda, iniciada apenas após o recebimento de um pedido do cliente. Essa abordagem reduz estoques e permite maior personalização.

as dimensões da logística como componentes de uma única área, que bem poderia ser o que específico como “ciência logística” . Não significa distanciar a logística da administração ou do SCM, mas sim, empondera-la a ponto de poder sobre ela definir conjuntos de princípios, praticas, objetivos, independentes. E mesmo com essa visão, defendo a interdisciplinariedade como norte para a logística, inserindo a progressão do saber e da profissão na área em um universo integrado a outras áreas. Vale dizer, tem contornos de uma ciência independente, mas é ampla a ponto de se integrar em toda a coletividade de áreas que atuam no mercado, sempre. Logística, está em tudo, como veremos. Iniciando pelo seu papel na própria evolução das sociedades.

Muitas das grandes façanhas da humanidade impressionam por sua importância histórica, como a construção das pirâmides no Cairo, o Antigo farol em Alexandria, obras da engenharia como o Eurotunnel, o the Burj, a muralha da China, ou as grandes pontes que são cartão postal mundo afora. Mas citarei como grande proeza da engenharia, da construção, da infraestrutura - e nesse caso, uma inacreditável façanha da logística - uma das maiores estruturas criadas na terra.

De proporções cuja descrição não se pode ilustrar com palavras, algo que é maior, mais pesado, mais complexo, e teve uma construção muito mais desafiadora em termos logísticos do que os maiores feitos conhecidos - a Usina de Itaipu, no Rio Paraná. Consumindo 12,7 milhões de metros cúbicos de concreto (e portanto, somente o concreto utilizado pesa cinco vezes mais do que a grande pirâmide de Quéops), tem quase 8 quilômetros de comprimento, 196 metros de altura, comportas de aço medindo 20 por 21 metros cada apenas para escoar o excedente por seu vertedouro de 500 metros, o monstro desafia a capacidade humana e revela a operação logística brasileira que demandou uma cidade inteira (a população de Foz do Iguaçu saltou de 20 mil para 100 mil pessoas). Em uma, a operação logística incluía pessoas, suas famílias, casas, bairros, as respectivas escolas, creches, hospitais, enfim, o universo que foi necessário para atender o crescimento vertiginoso da população por conta da usina. As obras demandaram o desvio de um dos rios mais poderosos do mundo, o paraná, cuja força  estarrecidora, inacreditável feito. Deter um rio com essa

magnitude de poder, honestamente, é um feito que não se viu repetir no mundo. Citando os mais famosos efluentes desse rio - o segundo maior da América: Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema, Iguaçu, Paraguai, Salado, Pilcomayo e Bermejo, todos grandiosos, e apenas “braços” do Paraná. Quanto à usina, os mais de 30 bilhões de quilogramas de concreto, feito com água refrigerada através de uma produção de gelo implementada no local, foram derramados nas tramas de vergalhões cujo peso é não menos estratosférico, junto com pedras e terra em volumes colossais. Pessoas, materiais, equipamentos superdimensionados, veículos, (e uma cidade inteira) etc., foram transportados, armazenados e entregues na várzea de uma floresta enlameada, dentro de uma vala cavada no leito rochoso do rio (que retirou um volume de rochas 90 vezes maior do que o volume que se escavou para construir o Eurotúnel). Sobre esse terreno inóspito, a logística e a engenharia se somavam para construir o paredão cuja altura equivale a um prédio de 60 andares. Seus equipamentos foram transportados em partes pelas rodovias do país para montagem das 20 unidades que pesam entre 3200 e 3300 toneladas cada. Tudo na logística de Itaipu é colossal.

Então temos uma visão de algo que não se costuma conceituar – logística de grandes obras, logística infraestrutural, logística pública, logística voltada à produção energética. Podemos claramente distinguir essa logística citada da logística da distribuição, a do abastecimento, a referida como empresarial, aquela que se volta ao consumo e ao setor privado. Seria bom classificá-las de forma abrangente.

Classes de logística

Algumas doutrinas citam uns poucos pares de classes de logística, como se pode notar, mas com todo o respeito por doutrinas existentes, prefiro uma construção de classificações com abordagem ampla, distinguindo para os temas de interesse as suas dezenas de classes, delimitadas por critérios de acordo com as principais formas de estruturação de conhecimento e doutrinas que empresto, especialmente, das ciências humanas aplicadas, do direito e da sociologia. Assim, cito:

1. Quanto às partes que demandam, originam ou detém a operação

Há classes totalmente distintas de operação, delimitadas por força de suas relações originárias de demanda, que podem facilmente serem classificadas por suas características, por exemplo:

Logística do setor público (que se subdivide em vários outros tipos de subclasses, como logística pública direta, aquela promovida, administrada, realizada diretamente pelos órgãos do governo como as autarquias, em qualquer esfera federativa, e temos a logística pública transferida a particulares (permissionários e concessionários) através de contratos específicos, normalmente fruto de processos licitatórios. Esse grupo de logística voltada aos órgãos públicos ou serviços públicos engloba, por natureza, formas totalmente peculiares, delineadas, que não se confundem com logística empresarial por suas características distintivas nítidas, como a Logística de Defesa (Militar), e a logística de áreas como a da Saúde (hospitalar), de Segurança Pública (tanto para materiais quanto encarcerados, transporte de bens de alto valor, dignatários, operações especiais e sigilosas, etc), e a mencionada no exemplo da usina, a logística de obras de infraestrutura, etc.

Logística do Setor Privado, empresarial ou corporativa, que se aplica aos processos logísticos dos atores que exploram várias esferas de atividades privadas, podendo se subdividir em industrial, comercial, de prestação de

serviços, de exploração de recursos, etc. E mesmo dentro dessa subdivisão, é claramente distinta e notória a existência de subdivisões dessas classes como a logística da mineração, totalmente singular e a logística de exploração de plataformas de petróleo e gás natural, por exemplo. Também é de se citar a terminologia “agrologística”, conceito mais recente aplicado ao complexo agro.

Logística do terceiro setor, dos organismos internacionais independentes e similares, que inclui logísticas totalmente distintas como a logística de salvamento de animais, a logística da causa humanitária, a de proteção do meio ambiente, dentre outras. Notem que a natureza humanitária e sem fins lucrativos denota documentação, controle, acesso, rotas, permissões, cronogramas, meios, etc, totalmente distintos, e podem ter caráter emergencial e apoio internacional. Não se poderia fazer tal logística ter eficácia nos moldes da logística privada usual.

2. Quanto ao escopo

No que tange ao escopo de atuação podemos conceber a existência de classes amplas, genéricas, como logística de transportes, de distribuição, de armazenamento, de reposição, logística de importações e exportações, etc. O objeto social, o serviço prestado ou a estrutura e os ativos, itens que delimitam o próprio escopo de atuação de uma operação logística permite diferenciar tais classes, e para fins de compreender e registrar os seus formatos, cabe tal classificação.

3. Quanto ao território

O critério territorial, a área, referência geográfica, permite definir classes distintas de operações, e diferenciá-las em subgrupos, como Logística nacional e internacional, regional e local, estadual ou interestadual, pode também ser classificada nesse critério pelos trechos de movimentação específica, como logística inland, logística door to door, logística de trânsito aduaneiro (específica para os trânsitos de transferência, de passagem, etc), etc, ou ainda, classificada pelo local ou propriedade em que ocorre, como logística portuária, aeroportuária, logística aduaneira (dentro de recintos ou sob controle da aduana), dentre outros.

É simples notar que são operações distintas em inúmeros aspectos, podem ser delimitadas para diferenciar as suas classes, razão de inclusão desta categoria.

4. Quanto ao modal de transporte ou tipo de movimentação:

Nessa classe, claramente os tipos distinguíveis pela via de transporte, temos os casos comuns de Logística de transporte rodoviário, aéreo, marítimo, fluvial ou hidroviária, lacustre, ferroviária, dutoviária, por cabos e linhas de transmissão, etc, e podemos também inferir os tipos “de modal único” e multimodal.

5. Quanto aos produtos movimentados ou as sistemáticas a eles inerentes

Há um conjunto de elementos que delimitam e distinguem a Logística convencional e casos específicos como logística de granéis (tanto sólidos, quanto líquidos), logística de carga superdimensionada ou com excesso de peso, logística de produtos perigosos e produtos classificados, logística de carga viva etc. Nesses casos, o tipo de produto demanda equipamentos especiais, procedimentos, manuseio, locais e veículos totalmente específicos.

Também podemos conceber nessas classes, quanto ao produto, operações específicas como a Logística de bagagens e bens de viajantes (que está, fisicamente, nas logísticas de modais aéreos, terrestres e aquaviários) logística de documentos, postal (correios), a logística de empresas de courier que opera com regimes especiais e recintos especiais, etc. E claro que, dentro desse viés de classes logísticas por produto movimentado, podemos pensar em Logística de produtos cárneos, com temperatura controlada, a cadeia do frio, transporte de alevinos, são operações logísticas.

6. Caso Especial: logística de semoventes bovinos

Quem já visitou Estados como o Mato Grosso pode ter visto operações logísticas maravilhosas, em que os executores são “boiadeiros” montados em seus cavalos, munidos de “berrantes”, transitando entre cidades por vastas distâncias, cruzando rios por dentro de suas águas, conduzindo rebanhos com milhares de cabeças de gado. Para o desavisado, seria algo não caracterizado como uma operação logística. Ora, ledô engano. Trata-se de logística pura,

altamente técnica, arriscada, difícil, em até bilhões de reais transitam por seus próprios meios (semoventes), devendo ser contados, controlados, conferidos, cuidados, por operadores da logística cujas habilidades estão muito acima do que imaginamos.

7. Quanto ao local e forma de prestação do serviço pelos colaboradores

Podemos pensar em classes como logística in Company (ou in house), presencial ou tradicional, tradicional, remota e híbrida, etc. Dependendo do tipo de prestação, as classes poderiam ser pessoal, impessoal, própria ou terceirizada (substabelecida), etc,

8. Outras

Conceitos comuns que também distinguem-se dos demais padrões e que se usa constantemente inclui a Logística interna (movimentação dentro das unidades da empresa) ou externa, ou o conceito que diferencia Operações logísticas dos projetos logísticos. Outras vezes, falaremos das distinções quanto aos moldes e padrões que distinguem as classes em Logística Centralizada, descentralizada, integrada, colaborativa, e ainda, logística do e-commerce, last mile, logística milk run e Just in time, e conceitos modernos como logística das operações cross docking, 3PL, 4PL, as operações otimizadas em corredores logísticos e hubs logísticos, por contrato ou spot, exclusiva ou geral, comum e especial, com benefícios fiscais e incentivadas, etc, cada qual podendo ser diferenciada do padrão comum que costumamos atribuir à logística da indústria e comércio em sua concepção genérica. Um clássico exemplo de logística essencial para a vida moderna em cidades grandes é a logística dos deliveries, dos motoboys, especialmente no setor de alimentação e serviços. Somente em São Paulo, mais de um milhão de entregadores cruzam a cidade diariamente, transportando itens que, somados, resultam em volumes assombrosos de recursos.

Ainda, outras concepções que abordam os **aspectos temporais** podem incluir a logística regular e temporária, eventual, sazonal, de contingência, etc. Se a maioria das operações ocorre por prazo indeterminado, não se pode negar que muitas exceções ocorrem com estabelecimento de modelos com prazos, períodos

ou alcance temporal limitado, como ocorre em operações de salvamento após catástrofes (tsunamis, terremotos, etc). São exceções que não apenas distinguem-se por conta de suas bases organizacionais, mas são casos que, não raramente, excluem os limites, as regras, especialmente quando há vidas em risco, ou danos materiais de grave impacto. Casos que envolvam o salvamento de vidas e danos ao meio ambiente, por sinal, são gravíssimos e requerem da logística “o que for possível” , a qualquer custo, sendo exceção absoluta até mesmo a direitos como o de propriedade, que pode ser sacrificada a bem da vida. Atualmente, claro, podemos pensar na logística aeroespacial (e em breve, interplanetária)

É certo que, se doutrinariamente não se utilizam o método de classificação do conhecimento por sua natureza, forma, partes, tempo, escopo, etc, por motivos diversos, nada impede que o falamos, pois na prática logística, os fatos empíricos provam a pertinência em fazê-lo, além de ser altamente esclarecedor entender os vários modelos logísticos que se aplicam a um mercado integrado, de demandas imensas, e desafios igualmente imensos.

Alguns conceitos merecem destaque, como os do citado autor Ballou, que falava especialmente de “logística empresarial” , tema que nomeia seus mais famosos trabalhos, e assim ele a definia:

“A logística empresarial, é o ramo da administração que tem por objetivo compreender como prover de forma eficiente e eficaz o melhor nível de serviço desejado pelos clientes, ao mesmo tempo em que procura realizar todas as operações de planejamento, organização, aquisição, controle de matérias primas, produtos acabados, estoques, armazenagem, faturamento, distribuição e fluxo de informações, ao menor custo possível” (BALLOU, 1993)

9. Formas clássicas de classificação

Na doutrina, as classificações da logística incluem principalmente os conceitos de **logística de produção, logística de distribuição, logística 3PL, logística reversa, logística nacional e internacional, logística interna, logística sustentável**. Esse grupo de classes mais comumente citadas, por si só, deixa claro que a atividade

mantém inter-relações com diversas áreas e envolve partes distintas que participam como atores do complexo universo logístico (Machline, 2011). Nos moldes mais abrangentes, como os que foram citados anteriormente, as relações ficam ainda mais nítidas.

Nota: a classificação acima é meramente exemplificativa, não exaustiva ou vinculante, desenvolvida pelo autor apenas como forma de esclarecer a forma pela qual podemos construir o conhecimento por meio da produção científica,

Pessoas na logística

Resgatando as aulas do Mestre Miguel Pereira⁴ através das plataformas LinkedIn e Youtube, de valor extraordinário ao setor logístico, compreende-se que o ser humano, as pessoas, os profissionais da área, são o cerne da logística.

Quando destilamos a seiva bruta dessa grande área, notamos que no espectro da logística é possível que identifiquemos as distintas categorias de profissionais, principalmente conforme o objeto social, forma de constituição, setor da economia, o porte e o perfil da organização, e conforme os perfis individuais de seu exército de colaboradores

Vale citar que uma indústria ou um comércio pode ter uma área de logística, de modo que os profissionais desta empresa seriam, por natureza, colaboradores do setor industrial, mas também da logística, pois atuam nas operações e nas funções logísticas. Por outro lado, uma transportadora de cargas seria, por natureza, uma empresa de logística, em que os empregados trabalham para o segmento logístico, mas podem ser alocados em áreas distintas, como a administração, comercial etc. De acordo com dados oficiais, o número de trabalhadores do setor logístico é fantástico, conforme figura abaixo:

Transporte, armazenagem e correio	2.852.270
Transporte, Armazenagem e Correio	2.852.270
Armazenamento e Atividades Auxiliares dos Transportes	553.228
Correio e Outras Atividades de Entrega	152.652
Transporte Aéreo	57.425
Transporte Aquaviário	50.420
Transporte Terrestre	2.038.545

Dados do Caged, 2025

⁴ Miguel Pereira é um Especialista em Logística e Supply Chain. Consultor, Mentor, Palestrante e Autor, CEO da Contrelog Consultoria e Assessoria Empresarial Ltda. MBA pela Fundação Getulio Vargas, experiente expoente da logística, promove a logística em forma de conhecimento compartilhado nas plataformas e mídias digitais de alcance global.

Logística está nas cadeias de forma inseparável da extração upstream, produção agropecuária, extrativismo, passa pelas transformações de primeira geração, transformação de todos os níveis industriais, distribuição, varejo, chega ao consumidor, avança pela coleta de descartáveis, reciclagem, reinserção no mercado, sucessivamente (Machline, 2011) – havendo movimento, há logística.

Nas empresas de logística, podemos verificar nos organogramas a operação logística propriamente dita, em que transportes, armazenamento, movimentação de mercadorias são as principais atividades, e também sua administração, incluindo departamentos distintos (Mauricio, 2021) como financeiro, fiscal, recursos humanos, jurídico, etc, áreas de tecnologias compostas por TI, infraestrutura, engenharias, laboratórios de pesquisas, e áreas como comercial, composta de compras e vendas, importações e exportações, marketing, etc, além de áreas como projetos, engenharia, áreas técnicas de vários tipos, segurança, serviços gerais, etc). Ora, nada impede que uma empresa de logística tenha magnitude para tanto, como as grandes empresas de courier DHL, Fedex, TNT, os armadores como CMA-CGM, Maersk, Evergreen, empresas como a MSC, DB Schenker, ou transportadores de grande porte como a Bertollini, que tem frotas com 2500 veículos, 395 embarcações, opera 28 unidades em 19 Estados, apenas como exemplo. E nada impede que uma empresa de setores como o comércio e distribuição tenham as suas respectivas áreas de logística, que contemplam sob sua estrutura as áreas de todos os possíveis segmentos profissionais – basta imaginar as mais de 10 mil lojas gigantes, CDs, escritórios e ativos do Walmart, cuja operação logística é de proporções gigantescas.

Vejamos a listagem de algumas atividades dos profissionais do setor logístico, conforme consta da Classificação Oficial Brasileira:

- Acompanhar indicadores de movimentação de contêineres 5141
- Acompanhar movimentação de contas 1226
- Administrar composição e moviment. da equipe 2532
- Analisar logística de escoamento da produção 3543
- Analisar logística de movimentação 3543
- Analisar movimentação logística 6126
- Analisar operações de ecommerce (logística, pagamento, fraudes, etc.) 1423
- Auxiliar negociações sobre contratos de fretes [2152]
- Avaliar condições logísticas 6128
- Calcular o valor do frete e do franqueamento da remessa [4211]
- Calcular preço tonelada/km do frete [7825]

- Certificar-se como operador de movimentação de cargas 7822
- Colaborar no planejamento da logística da exposição 3712
- Conferir autorização de pessoas para movimentação ou consulta de contas 2532
- Conferir conhecimento de fretes com nf [4141]
- Contatar o setor de logística para programação de entrega 5201
- Contratar frete [7828]
- Contratar fretes [6133]
- Contribuir na elaboração de planos de logística / cooperativas associações rurais 2221
- Controlar a logística da entrada e saída da produção gráfica 7606
- Controlar a movimentação das pessoas 5174
- Controlar fluxo e movimentação de artefatos na produção 7605
- Controlar gastos com fretes e taxas [3421]
- Controlar movimentação de materiais e equipamentos 0301
- Coordenar processos de movimento de cargas 5101
- Corretor de frete [342120] Sinônimo
- Cotar preços de fretes internacionais [3422]
- Cotar preços de fretes nacionais [3422]
- Definir equipamentos de transporte e movimentação conforme capacidade 7256
- Definir localização e quantidade de instalações logísticas (CDs, fábricas, etc.) 2149
- Definir logística de carregamento e transporte 3212
- Definir logística de distribuição 8202
- Definir logística de recebimento de carga postal 1226
- Definir ordenamento cronológico e logística de ações 2221
- Definir plano de trabalho (logística, traslado, contratação de assistentes, etc.) 3751
- Demonstrar visão logística 7831
- Desenvolver embalagem para movimento, manuseio, transporte, obra de arte, bem cultural e produto 2624
- Determinar logística de descarte / retorno de produtos
- Elaborar escalas de movimentação (férias, folgas, trocas e aposentadorias) 3112
- Emitir conhecimento de frete [4131]
- Estimar custos de frete em rodovias não pavimentadas [7825]
- Executar ordens de movimentação de contas 2532
- Gerenciar movimentação de pessoal 1422
- Inspeccionar itens básicos de funcionamento dos equipamentos de movimento de cargas 7822
- Intermediar negócios de fretes, energia elétrica e outros [2533]
- Interpretar códigos para a movimentação de carga 7772
- Monitorar fluxo e movimentação de materiais 7701
- Negociar custo de fretes e tarifas [5101] Sinônimo
- Operar equipamentos de movimento de cargas 7242
- Ordenar a movimentação de cargas especiais 8211
- Planejar movimentação de equipamentos de mina 3163
- Planejar movimentação de matéria-prima 8202
- Preencher ficha de movimentação de pessoal 4110
- Programar roteirização de transporte 3421
- Providenciar fretes para / estocagem e comércio, [6325]
- Realizar transporte e movimentação de cargas perigosas / instruções dos fabricantes 7821
- Registrar a movimentação dos ativos 2522
- Registrar conhecimento de fretes [4141]
- Requisitar isenção ou suspensão do AFRMM [3422]
- Selecionar equipamentos de movimentação de acordo com a carga 7822
- Sinalizar área de movimentação da carga 7832
- Supervisionar recebimento de documentação e liberação de cargas e passageiros [3426]
- Supervisionar recebimento e embarque de cargas e passageiros [3426]
- Talha para movimentação de cargas [3426]
- Testar capacidade de içamento de cargas [9141]
- Testar mecanismos de movimento de equipamentos, inclusive de robôs e instrumentos 9153
- Testar sistemas de movimentação de cargas [7253]
- Trabalhadores de cargas, descargas, mercadorias [7832]
- Trabalham em empresas do ramo de transporte aquaviário e de companhias de operações portuárias. São contratados na condição de trabalhadores assalariados, com carteira assinada. Desenvolvem suas atividades em equipe, sob supervisão ocasional, em ambiente a céu aberto, podendo atuar em horários irregulares e em rodízio de turnos. em trânsito. [3426]
- Traçar roteiro de cargas (roteirização) [2149]
- Traçar roteiro de cargas (roteirização) 2149
- Transferir cargas entre fornos [8221]
- Transitário de cargas [342105]
- Transportam, coletam e entregam cargas em geral; guincham, destombam e removem veículos avariados e prestam socorro mecânico. Movimentam cargas volumosas e pesadas, podem, também, operar equipamentos, realizar inspeções e reparos em veículos, visitar cargas, além de verificar documentação de veículos e de cargas. Definem rotas e asseguram a regularidade do transporte. As atividades são

desenvolvidas em conformidade com normas e procedimentos técnicos e de segurança. [7825]

- Transportar cargas [7825]
- Transportar cargas explosivas para frentes de trabalho conf legi específica [7111]
- Transportar cargas vivas em gaiola [7825]
- Transportar cargas, com equipamentos [8221]
- Transportar pessoas, cargas, valores, pacientes e material biológico humano [7823]
- Unitizar cargas e mercadorias [7832]
- Variar cargas ativas e/ou reativas [8612]
- Veículos de transporte de cargas [8221]
- Verificar cargas com autor especial de trânsito [4141]

- Verificar compatibilidade de cargas [2151]
- Verificar condições de cargas [3412]
- Verificar documentação de cargas [3412]
- Verificar ficha de emergência de mov cargas perigosas (MOP) junto à nota fiscal [7825]
- Verificar ficha de emergência moviment cargas perigosas (MOP) junto à nota fiscal 7222
- Verificar marcação das cargas [2151]
- Verificar peação de cargas [3412]
- Verificar sistema segurança cargas perigosas [2151]
- Visitar clientes de cargas [1418]
- Visitar terminais de cargas [1418]
- Vistoriar cargas transportadas [7825]

Muitas outras atividades não listadas acima ocorrem no desempenho da operação logística efetiva. Como foi citado, temos uma miríade de funções administrativas, comerciais, gerenciais, operacionais, burocráticas que ocorrem dentro do contexto das empresas de logística ou nos setores logísticos de empresas industriais e comerciais.

Gênese da ciência logística

Construir conhecimento pela experiência e pela busca de fontes complementares, pela observação e experimentação, inteligência que é inata em todos. Muitos benefícios como agilidade e quantidade de materiais podem ser fruto de produção pautada em uso exclusivo da web, como ocorre nas revisões de literatura necessárias em produção científica. Porém, potencialmente, uma porcentagem enorme de conteúdo na web pode ser incorreto, desatualizado, ou mesmo não ter sentido algum - já que a fonte em questão é um universo livre para a manifestação e criação.

Em magistral estudo da UFSCAR, a autora, Dra. M.C.H. Piumbato cita:

“a falta de certeza da qualidade e de autenticidade do conhecimento publicado em periódicos predatórios faz com que a pedra de toque da ciência autêntica, a norma do ceticismo organizado, deixe de ser aplicada” .

Evocando a necessária prudência e padrões metodológicos para a produção científica, o estudo reitera a ética na gênese científica e necessária filtragem de artigos publicados em periódicos sem revisão por pares apresentam qualidade questionável e maior risco de fraude e erro. Isso compromete revisões sistemáticas e sínteses de evidências, que servem como base para políticas e práticas confiáveis, eis que a inclusão de trabalhos predatórios pode distorcer métricas de citações, rankings de produtividade e afetar negativamente dados e reputação dos pesquisadores (Piumbato & Guimarães, 2023).

Assim, é somente o crivo do saber consolidado que determinará o resultado da produção, e sem ele, há risco de se lidar com conteúdo de pouco valor ou mesmo, indevido. Mesmo os aplicativos de IA erram, e erram muito, pois usam a web como sua base, selecionando por relevância e critérios algorítmicos que estão sujeitos aos mesmos riscos citados.

Atualmente, é bem provável que a maioria dos profissionais estejam se atualizando com relação aos novos conhecimentos aplicáveis à logística, por

exemplo, a integração de tecnologias como IoT, Big Data e Inteligência Artificial, modelos de supply chain digital, blockchain na Logística para rastreamento seguro e transparente de mercadorias, Automação e Robótica em armazéns e centros de distribuição, drones, veículos autônomos e claro, Logística Verde – comumente remetendo aos escopos em logística que incluem ações para reduzir emissões de carbono e otimizar o uso de recursos, principalmente com base em tecnologias e expressões algébricas complexas, e claro, com Inteligência Artificial e Machine Learning. São temas importantíssimos.

Tais constatações que remetem às tecnologias não eliminam o conhecimento construído pelos métodos clássicos, referentes às bases conceituais, metodologias, indicadores de performance, etc e não excluem a importância da macroeconomia, as novas leis e marcos regulatórios, cibersegurança, compliance, eventuais imposições de restrições ao uso de materiais, custos, qualidade e certificação dos serviços, procedimentos e padrões, as mudanças nas leis que tratam de transporte de mercadorias, as normas de segurança, as normas e padrões do transporte internacional de cargas, administração de inventários, tributos, vendas dos serviços logísticos, contratos, notas fiscais, sistemas, procedimentos administrativos, licenças especiais, amostragem, e mesmo técnicas operacionais puras como arqueamento, estufagem, fixação das travas de segurança, conferência visual de cargas, veículos, segurança das operações, manuseio de cargas de todo tipo, inspeções visuais e contagem de itens, etc.

Não minimizam ainda os conhecimentos necessários relativos às atividades de gerenciar recursos, ativos, capitais, pessoas, sistemas, tomar decisões, contratar, destratar, gerar valor por credibilidade no mercado, elementos que são como pilares estruturais do setor.

Importância do conhecimento interdisciplinar

O conhecimento buscado pelo executor de logística é tão elementar quanto pode ser impactante, e portanto, enseja a experiência como fonte de decisão e base para ação. Por exemplo, no transporte internacional marítimo, somente conheceremos o peso de uma demurrage dos processos em bulk nos grupos E, F ou C dos incoterms por charter party, quando recebemos do ship owner ou carrier a conta por exceder o laytime (computado até a casa dos minutos, e contado a partir do notice of readiness) com valores partindo de cerca de USD35.000,00 por dia, aplicável ao player cuja carga está no primeiro slot programado para operar - inclusive por conta de mau tempo no momento da operação, se não houver cláusula WWD no charter party agreement, Ora, logística internacional pode ter custos altíssimos, e desconhecer uma letra, uma vírgula, pode ser causa de custos astronômicos (no caso citado, meros 3 dias somam mais de cem mil dólares de penalidade). É quando concluimos que deveria ter sido proposto ao setor de compras que negociassem no grupo D dos incoterms (uma letra). Esse caso não é matéria da maioria dos cursos de graduação ou especialização, é algo que a prática faz conhecer.

Outro caso que exemplifica a responsabilidade e impactos no comércio internacional envolvendo a logística, é quando o setor comercial e de logística realizam um transporte aéreo de produto perigoso, e acabam alterando os documentos para que seja transportado e ter o frete cobrado nos moldes de produto não classificado como DG, pois tanto o trecho aéreo quanto os inlands precedente e subsequente teriam de usar transportadores autorizados e certificados, veículos exclusivos, etc, em uma logística complexa cujo preço é normalmente adicionado de additional surprice de 100%, na melhor das hipóteses.

É possível que todos estejam cientes de possíveis riscos de ter a carga apreendida, ou de ocorrerem cobranças adicionais, eventuais multas administrativas, etc, e então assumem o risco. Contudo, poucos sabem que o Código Penal reserva uma pena severíssima para o crime de **exposição de aeronave ou embarcação a risco**, e essa prática usada como subterfugio para reduzir custos, usando classificação tarifária inapropriada, um clássico exemplo. Vejamos o que prescreve a lei penal:

Decreto 2848/1940 - Código Penal

Art. 261 - Expor a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea Pena - reclusão, de dois a cinco anos .

§ 1º - Se do fato resulta naufrágio, submersão ou encalhe de embarcação ou a queda ou destruição de aeronave: Pena - reclusão, de quatro a doze anos. (...)

De acordo com normas da ANAC, o expedidor (exportador) ou os funcionários e dirigentes das companhias aéreas respondem administrativamente, civilmente e criminalmente pelas informações prestadas e manifestadas em documentos e sistemas presentes nas atividades de transporte aéreo. Então vejamos o que diz a normativa ANAC, na seara desse tipo de conduta:

Portaria ANAC 271E/SPL DE 01/07/1998

Art. 5º Transgressões às normas estabelecidas nesta Portaria que se configurarem como

atentado à segurança dos passageiros, do pessoal envolvido no processo de carregamento e descarregamento da aeronave, bem como da aeronave em si, submeterá os responsáveis às

penas previstas no Art. 261 do Código Penal, sendo o processo iniciado no Departamento de Aviação Civil - DAC e remetido para a | *Procuradoria Geral da República para as demais providências julgadas cabíveis por aquele órgão.*

Ressaltemos que é crime formal, independe de resultado específico, bastando “expor” a aeronave ou embarcação ao risco.

Eis um exemplo de conhecimento essencial aos profissionais de logística. O direito penal, diferentemente dos demais campos da lei, sempre atribuirá a responsabilidade por uma conduta típica ao seu agente, a quem lhe der causa, e não apenas aos dirigentes de uma empresa – eventualmente, estes sequer saibam que uma ilicitude esteja sendo praticada. Quem contribui de qualquer forma para a prática criminosa será julgado e punido, na medida de sua culpabilidade.

É a materialização da interdisciplinaridade de que falamos, conhecimento que se deve sempre buscar, tanto para o engrandecimento pessoal quanto para a própria conformidade de toda a operação logística.

Registremos ainda que sanções ainda maiores recaem sobre operações envolvendo logística, mesmo por acidentes de transporte (sem culpa), se causarem danos ao meio ambiente. Nesse caso, a lei brasileira reserva penas tão graves ou mais graves do que as penas de crimes contra a vida. Logística é atividade essencial e de extrema responsabilidade.

Além de responsável, logística deve ser um estandarte de qualidade total. A busca de melhoria contínua é uma qualidade marcante na área. Sem conhecimento em múltiplas dimensões, não se faz logística com excelência. A eficácia do planejamento, organização e controle em logística depende da adaptação ao contexto específico da organização, contrariando a ideia de práticas universais aplicáveis a qualquer cenário (Marchesini & Alcântara, 2013). A Teoria da Contingência pode ser usada para aprofundar o conhecimento em logística e gestão da cadeia de suprimentos, e para fortalecer essa abordagem, é necessário desenvolver frameworks que orientem a escolha e implementação das atividades logísticas dentro dos processos da empresa, considerando sua estratégia

corporativa e a integração com outras áreas funcionais e com as demais áreas do conhecimento.

Essa busca pela excelência é uma exigência, e muito do que a logística destaca como objetivo do setor envolve o conceito de “otimização” - otimiza-se o tempo, o espaço, o uso de materiais, a quantidade de etapas, e acima de tudo os custos incorridos nas atividades, para cumprir o papel fundamental do negócio – gerar lucros aos shareholders. Observemos que o lema “foco no cliente:” não é exatamente um objetivo social, mas sim uma estratégia de posicionamento no mercado. Nesse mesmo sentido, inclui-se dentre os objetivos de uma empresa de logística o chamado “papel social” da empresa, conforme exigem as leis brasileiras,

Conhecimento multidisciplinar e experiência com Tecnologia de ponta, IoT e IA na logística – nada substitui o pensamento humano

Por conta dessas reflexões, e observando o cenário do mercado atual, penso que é salutar a todos que se promovam as reflexões sobre a área além de sua pura concepção como atividade que transporta, armazena, do ponto de vista físico, ou da sua estrutura tecnológica, mas sim uma atividade humana que atende a demanda da sociedade em sua forma mais completa, em uma visão que aborda o tema principalmente em termos conceituais, dogmáticos, doutrinários e basilares, as origens, os fundamentos, as relações entre as áreas que dão suporte ou que sejam suportadas pela logística, enfim, uma concepção holística. Tanto trata de conceitos quanto inclui os conhecimentos avançados, metodologias, dados de mercado, panorama regulatório, desafios, inovações, exemplos reais, etc, formando massa crítica para a evolução do setor.

Operações logísticas eventualmente funcionam bem apenas na superfície conceitual do conhecimento na área, e os tantos exemplos e tantas tecnologias permitem que operações e projetos logísticos sejam realizados de forma correta, apenas seguindo protocolos (Piumbato & Guimarães, 2023), sem ir fundo nos seus conhecimentos. Evidente. Mas, acredito que essas formas de atuação deixariam de funcionar como solução profissional se, cedo ou tarde, “uma vírgula for alterada” . E curiosamente, quando a vírgula muda, o sentido todo de um texto pode mudar ("quero comer, gente" e "quero comer gente").

Por sinal, tecnologias cada vez mais funcionais certamente serão o cerne de evoluções incríveis na gestão logística, assim como em praticamente todos os setores da sociedade, como serviços públicos, educação, medicina, agricultura, dentre outros.

Isso não significa, contudo, que a busca pelo conhecimento em sua forma mais pura, a que gera mais conhecimento pela experiência, inteligência, capacidade humana, deva ser minimizada. Na verdade, deve ser o centro,

A inteligência artificial, nesse sentido, é uma extensão do potencial humano que poderá tornar o conhecimento, sua gênese e aprimoramento, muito mais abrangente, preciso, profundo e completo, além de ser exponencialmente mais rápido no que diz respeito à coleta de dados, cálculos, previsões, simulações, etc. Por sinal, claro que a própria AI é uma criação do ser humano (Almeida, 2024), e portanto, uma forma de conhecimento que reitera o próprio valor da produção científica, o brilhantismo e capacidade do pensamento humano.

Em artigo publicado em pelos nobres advogados Dr. Nogueira e Dr. Pontes (2023), na plataforma Migalhas, os autores citam que:

“... é necessário exigir, axiológica e eticamente, uma centralidade no humano por padrão (human centrality by default), de modo que os sistemas computacionais devam trazer e incorporar computacionalmente os valores necessários a agir em consonância com o alinhamento humano, seus comportamentos, valores e necessidades”

<https://www.migalhas.com.br/depeso/396625/o-humano-como-fundamento-tecnologico-a-unica-possibilidade>

Absolutamente inteligente a construção citada. Ela esclarece perfeitamente a forma pela qual devemos conceber a relação entre o conhecimento humano e artificial no desempenho de nossas vidas profissionais na logística. Somadas, a inteligência artificial e a humana poderão criar formas mais incríveis de melhorias para a logística, para as cadeias de fornecimento, e para a sociedade, sempre com o norte de human centrality by default (Nogueira & Pontes, 2023) tanto na atividade quanto na geração de conhecimento.

Um estudo recente realizado por mentes do Center for Transportation and Logistics do MIT, revela: “... *our study shows that it is not only the quantity but also the quality of interactions between humans and AI that captures value out of the technology ...*” (Saézn, Simón & Revilla, 2024). Esse estudo explorava a integração da inteligência artificial (IA) nas organizações e os desafios para capturar valor organizacional a partir desses investimentos. Apesar da rápida adoção da IA, ainda há lacunas sobre como otimizar sua implementação para maximizar os benefícios corporativos. A pesquisa adotou uma abordagem de recursos dinâmicos focada no nível da equipe, analisando as interações entre humanos e IA que promovem um diálogo produtivo e possibilitam a cocriação de valor. Os resultados identificaram três principais interações entre humanos e IA que influenciam o sucesso da integração: Alcançar interoperabilidade – a capacidade de sistemas e pessoas trabalharem juntos de maneira eficiente. Construir confiança – garantir que a IA seja percebida como um recurso confiável dentro das decisões organizacionais. Produzir ganhos de conhecimento mútuo – possibilitar um aprendizado conjunto entre equipes humanas e sistemas inteligentes (Saézn, Simón & Revilla, 2024),

Destarte, infere-se que a soma de potencial humano e IA é indiscutivelmente uma estratégia de evolução do conhecimento (Almeida, 2024) que, aplicado à logística, tem potencial impressionante de criar, inovar e promover os melhores resultados para as empresas.

No que diz respeito ao uso massivo da IA, entretanto, é importante esclarecer que o uso de tal ferramenta como substituto do conhecimento e não como um complemento da mente humana pode potencialmente gerar um retrocesso da capacidade inata do profissional logístico, ou seja, não se pode usar a IA como o meio exclusivo de conhecimento, ou ser dependente de tecnologias para o desempenho de suas atividades, especialmente na geração de conhecimento (Nogueira & Pontes, 2023).

O conhecimento, na realidade, sempre é uma produção humana, e mesmo a IA utiliza esse conhecimento em seus métodos de gerar respostas aos inputs humanos a ela solicitados. A própria IA, obviamente, é criação humana, e opera com parâmetros que humanos estabelecem como algoritmo, mesmo que possa aprender “machine learning” .

Assim, é a soma do conhecimento humano e IA que resultarão no resultado de melhor performance, uma soma necessária (Almeida, 2024). O que pretende esse breve estudo, no entanto, é buscar as bases do conhecimento e valorização do profissional da logística, resgatar a importância do conhecimento holístico da logística para a evolução do padrão no desempenho das funções e tomada de decisões de impacto na cadeia de fornecimento.

Em “*Logística: A Importância de Integração Entre Setores e a Valorização Do Profissional*” os autores ressaltam a valorização do profissional logístico é, sem dúvida, essencial para o momento atual do país. Mais do que nunca, compreender suas competências e habilidades permite que esses profissionais alcancem melhores resultados, se dediquem mais às suas funções e minimizem erros (Farias & Rosa, 2022) Dessa forma, investir na valorização desses profissionais e na adoção de tecnologias adequadas pode contribuir significativamente para o avanço da logística no país.

Nada substitui o talento. Nada substitui o feeling, a experiência, a mente do profissional. Situações adversas são como provas materiais dessas verdades.

Nos negócios, uma nova lei, um dígito em um código, um pedido diferenciado do cliente, um dia de chuva intensa, um caminhão que chegou sem o baú, uma

carreta que não cabe na cobertura da doca, a nova empilhadeira fabricada na Ásia, a chegada da carga com 10.000 pallets de tamanhos não padronizados, a nova caixa que não fecha ou tem que ser trocada bem na hora da expedição, o cliente que está ligando aos gritos, o peso que passou, o pneu que furou, a operação prejudicada pois um surto de conjuntivite que afetou a todos, um vírus de computador que fez tudo travar, um avião caiu em cima do armazém (...). Nesses momentos, o ser humano é quem pode solucionar as complexidades que soam como comuns, mas que na prática, podem ser caóticas.

Tudo pode ocorrer no decorrer das operações logísticas, e muitas vezes a mais improvável situação, um evento considerado absurdo ou algo supostamente impossível, pode ocorrer. Por exemplo, fatos como a inundação terrível que ocorreu no Rio Grande do Sul, impedindo transportes, alagando empresas, armazéns e impossibilitando o abastecimento de materiais pela logística. Ou o caso da mega explosão de um armazém ocorrida no porto em Beirute, de poder destrutivo impressionante, o caso do afundamento de boa parte de uma cidade inteira (caso Braskem, Maceió), ou o caso daquele navio gigantesco que encalhou no canal de Suez fazendo com que atrasos ocorressem no mundo todo, dentre outros casos.

Estamos na era da modernidade e da exploração comercial das viagens espaciais, e ao mesmo tempo, ataques de piratas em regiões como a costa da Somália são reportados às dezenas, e ataques de retaliação de grupos extremistas na “esquina” do mar vermelho, entrada do canal de Suez, e que levaram a nação mais rica e que detém mais poderosa força militar do mundo a declarar guerra, lançando suas esquadras e suas aeronaves de ponta para luta contra esses grupos, erradicados no país que é um dos mais pobres de todo o planeta. Enquanto o conflito segue, a logística é ameaçada por “drones suicidas” de baixíssimo custo. A reação da superpotência contra o ataque aos navios de carga mostra a relevância da logística – até mesmo guerras podem ser travadas por disputas relacionadas a rotas logísticas comerciais, como faziam os povos antigos. A diferença é que estamos em 2025, e não nas eras de barbáries.

Os assuntos desse nível podem ser interpretados como realidades distantes de nossas operações logísticas do dia a dia. Mas isso somente até que o analista de

importação informe o time de logística que a carga urgente esperada estava em um navio atacado por rebeldes, e a operação foi comprometida. Logística e geopolítica, logística e relações internacionais, logística e ciências humanas e sociais em amplo espectro, logística e exatas, há correlações em toda parte.

Por isso, operadores logísticos tem papel essencial na gestão eficiente das cadeias de suprimento, em suas diferentes categorias — 1PL, 2PL, 3PL, 4PL e 5PL, conforme o nível de integração e especialização. Essa diversidade possibilita a adequação da área logística às necessidades específicas de cada mercado, e podem dar flexibilidade e resiliência aos planejamentos de empresas de todos os segmentos (Amorim et al., 2014). Esses desafios reforçam a importância da pesquisa contínua e da criação de estratégias para aprimorar a sustentabilidade, resiliência e inovação no setor.

Por isso este texto busca na essência holística da atividade a produção de conhecimento que pode promover evolução. Os profissionais da área têm os mais altos conceitos em termos operacionais, e devem buscar sempre os mesmos patamares em termos conceituais, de know how, know-all, e assim atingir seus objetivos pontificando a evolução de forma completa. E portanto, devemos estimular a atenção dos profissionais a áreas de conhecimento distintas, que serão integradas aos conhecimentos de logística para crescimento pessoal e para engrandecimento dos resultados enquanto ator do mercado, e desta forma, ao fim das contas, cumprindo o papel social da logística com excelência.

Simulações com múltiplas dimensões de conhecimento

É importante que se visualizem exemplos do que essas conexões com áreas distintas representam, de forma que os trechos a seguir são alusões a possíveis situações reais em que o profissional da logística será demandado a utilizar uma ampla gama de conhecimentos interdisciplinares. Esse exercício mostra que nos níveis mais elevados da carreira, as questões que se direcionam ao gestor logístico são extremamente integradas com demais áreas.

O trecho a seguir representa alguns desafios pelos quais o profissional de logística pode passar no que tange à interdisciplinariedade, a necessidade de conhecer múltiplas áreas de conhecimento, integrações e conceitos de alto nível e indicadores de vários departamentos e de vários espectros:

Simulações da logística interdisciplinar avançada:

Caso

Os acionistas da empresa em você é gerente de logística acabam de chegar sem avisar, e pedem uma reunião imediata com você para discutir a operação. Na reunião, surgem os seguintes questionamentos:

- **Quantas pessoas contratar para cada uma das unidades de armazenamento no que vem após iniciarmos os novos contratos? E quanto vai custar, quais os cargos seriam necessários, quais recursos serão utilizados, e como você chegou a esses números? O que foi considerado?**

Notas: Dimensionamento de operações logísticas de acordo com o contingente necessário para o nível de movimentação contratado, envolve conhecimentos das dinâmicas dos departamentos pessoal, financeiro, contábil, jurídico, bem como cálculos de custos de pessoal (salário, decimo terceiro, férias, adicional de férias, FGTS, INSS, contribuição patronal sobre a folha, CAT, VA, VR, VT, plano de saúde, etc), os ajustes médios anuais, EPIs, exames, treinamentos, etc, conhecimento de indicadores de produtividade (hora/homem) por tipo de função, de acordo com os requisitos de cada operação, com os níveis corporativos quanto aos cargos, as médias de custos de mão de obra em cada região ou cada operação, as projeções de faturamento, além de habilidades gerais para realização de cálculos e exibição de dashboards, gerenciamento de projetos, etc. Como gerente de logística com voz nas decisões mais importantes, esses serão alguns dos temas dentro de sua esfera de atuação.

- **Em qual Estado devemos investir e alocar um novo CD para este projeto de 10 anos para atender as 5 plantas da montadora automotiva, em**

operação JIT em que seremos distribuidores e provedores logísticos? Centralizaremos a operação, ou será pulverizada, em sua opinião, e por quê? O volume é alto e as margens são estreitas, há como mitigar os riscos mais impactantes da logística para manter os índices exigidos no SLA?

Notas: O questionamento remete a conhecimentos profundos de custos logísticos, incluindo custos de importação, tributos, alocação do rateio do custo fixo na precificação de cada item, valoração e precificação, demand planning, forecasting, contratos, regimes aduaneiros especiais, benefícios tributários, ACEs⁵/Mercosul e Aladi, FTAs⁶, Regime Automotivo, sistemas, dimensionamento de operações, gestão de projetos, análise de riscos, certificação, compliance, etc, são temas que nesse caso se tornam necessários ao gestor da logística para que possa ter argumentos e embasamento necessários.

Para operar o JIT, com estoques de produtos nacionais e importados, com ou sem margem de preferência, com ou sem drawback, com ou sem uso de regimes especiais, são necessários amplos conhecimentos de logística no seu mais alto nível – atender esse tipo de clientes é um dos maiores desafios do mercado.

Se por um lado, em uma resposta rápida, a tendência seria sugerir descentralização para atender o regime JIT, é fato que distribuição envolve aspectos tributários variados, aumentando a complexidade ao extremo, e demanda alocação de recursos significativamente altos, de forma que análise minuciosa de todo o espectro de implicações deve ser feita.

A gestão tributária é essencial na cadeia de suprimentos, pois impacta diretamente os custos das empresas e o preço final dos produtos e serviços. No Brasil, a carga tributária elevada e complexa exige um

⁵ ACEs Mercosul/Aladi – Acordos de Complementação Econômica

⁶ FTAs – Free trade agreements, normalmente depositados na OMC, e por conceito englobam os ACEs executados no âmbito da Aladi e do Mercosul

entendimento detalhado de impostos como IPI, ICMS, ISS, PIS e Cofins, além de contribuições que incidem sobre diferentes etapas do processo logístico. Essa compreensão permite às empresas adotarem estratégias para minimizar custos fiscais e melhorar a eficiência operacional, garantindo competitividade no mercado. A estrutura tributária pode ser otimizada por meio de planejamento adequado e conhecimento das legislações específicas que regem o setor (Pêgas, 2025)

- **Qual seu plano logístico como gerente da empresa, pois os prejuízos são grandes e é necessário diminuir o volume de recursos imobilizados no inventário e evitar mais acúmulo de créditos tributários? Como comparar o nível atual de custos financeiros do estoque após implementar seu plano?**

Notas: Nesse caso, que aparentemente é mais simples do que os anteriores, há certas estratégias que podem ser adotadas, dependendo do segmento, dos volumes, dos ciclos, das características do negócio, mas que certamente envolveriam:

a) implementação da metodologia MEIO (Multi Echelon Inventory Optimization)⁷ para determinar os pontos críticos que serão tratados prioritariamente em vários níveis da cadeia de fornecimento, uso de métodos de classificação de itens e da matriz de Kraljic para apoiar a priorização dos itens estratégicos

b) a tropicalização de itens importados com longo lead time ou transit time tanto quanto seja possível, e diversificação das origens, das rotas e homologação de alternativas de fornecimento, implementação de protocolos de contingência que diminuam a dependência de certos

⁷ MEIO é uma abordagem avançada de gestão de estoques que busca otimizar os níveis de inventário em diferentes estágios da cadeia de suprimentos, incluindo fornecedores, fabricantes, centros de distribuição e varejistas, garantindo eficiência, redução de custos, de estoques e desperdícios, e a disponibilidade de produtos. MEIO pode ser implementado por modelos determinísticos (com variáveis fixas) ou estocásticos (considerando incertezas na demanda e no tempo de entrega).

fornecedores exclusivos, planos de ação específicos para fornecimento em caráter de urgência, etc

c) a eliminação dos transportes por modal aéreo, na medida do possível, como forma de diminuir custos e emissões, e consolidação de cargas por origem ou categoria, com apoio dos setores comerciais e revisão dos níveis de inventário, tanto quanto seja possível, reduzindo o custo unitário, somados a renegociação de prazos e critérios de entrega junto aos clientes para minimizar os volumes de estoque mantidos

d) uso de regime aduaneiro especial de entreposto aduaneiro para materiais importados de maior valor total, aliviando a imobilização e flexibilizando os fluxos de caixa;

e) revisão de estoques de segurança, ROP, EOQ⁸ e também MOQ⁹ junto aos parceiros;

f) propor modelos de contratos de fornecimento de longo prazo ao invés de spot para casos críticos;

g) reanálise da estrutura atual para eventual substituição de operações logísticas próprias por uso de terceiros ou vice-versa; dentre outras opções, eventualmente com a alienação de ativos imobilizados, revertendo o valor ao caixa que pode ser usado para estratégias de minimização de custos de capital de terceiros.

h) remodelagem da rede logística com relação aos pontos de entrada, as unidades de faturamento e os volumes por Estado, visando balancear o volume de créditos gerados e créditos utilizados nas operações, especialmente com itens importados para revenda em operações interestaduais. Isso previne o acúmulo e respectivo custo financeiro atribuível a bolhas de crédito e evita a tributação do valor pelo IRPJ e

⁸ EOQ (Economic Order Quantity) – Quantidade Econômica de Pedido $\rightarrow [\sqrt{(2 \times S \times D) / H}]$

⁹ MOQ (Minimum Order Quantity) – Quantidade Mínima de Pedido (determinada pelo fornecedor)

CSLL, considerando que são registrados contabilmente como ativos circulantes e impactam o lucro tributável.

A depender do cenário e da adoção dessas medidas, estima-se que a diminuição dos custos de capital serão absolutamente proporcionais ao valor levantado na alienação de forma imediata, e as demais medidas diminuiriam o custo financeiro gradualmente à proporção da taxa correspondente aos juros atribuídos contabilizados para cada item. Esse alívio também aumentaria o lucro na comercialização, apesar de que haveria um óbvio aumento nos recolhimentos de IRPJ e CSLL devido ao aumento do lucro.

Fim do exercício

Interdisciplinariedade na prática - Logística e suas métricas elementares

Interessante percebermos nas dinâmicas acima que em todos os casos, o conhecimento holístico sobre temas de relevância na logística incluem as ciências humanas aplicadas, as ciências exatas, a experiência e as percepções que o profissional desenvolve na vida diária, somados a muitos conhecimentos em finanças, contabilidade, gestão de pessoas, conhecimento do mercado de forma abrangente, tudo adicionado ainda ao domínio de conhecimento de operações logísticas e respectivos indicadores, formulas, métricas, dinâmicas, etc.

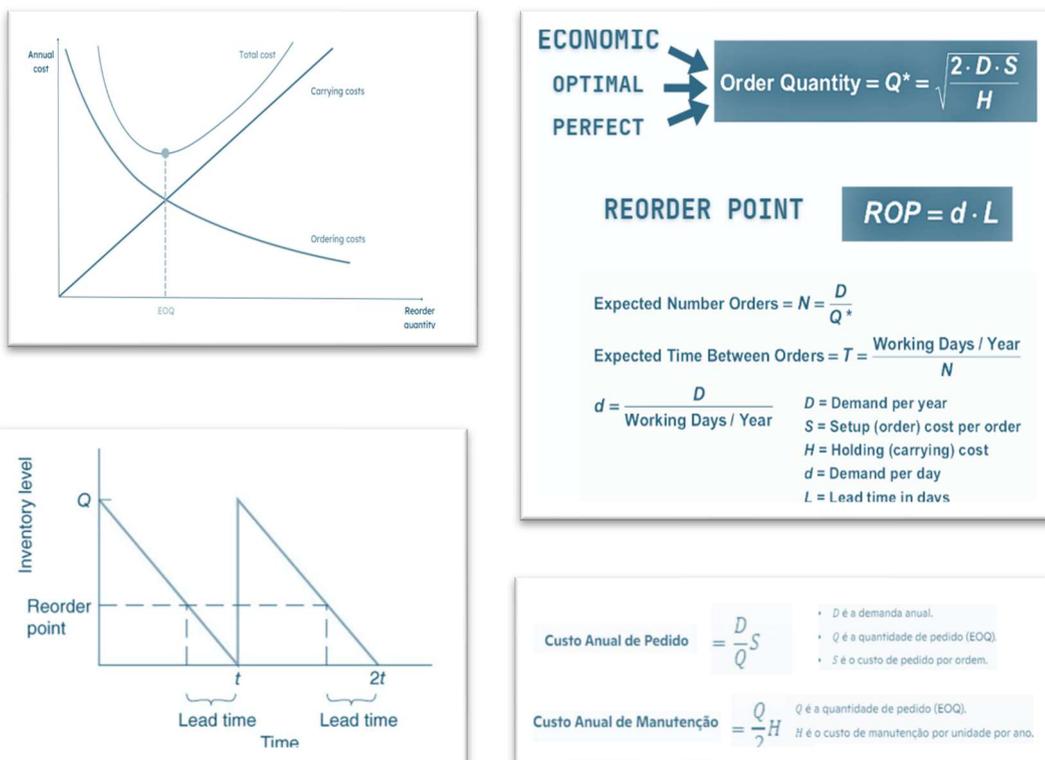
Certos conceitos são elementares, como os que tratam do gerenciamento de estoques e demandas. Por exemplo, os indicadores, métricas, modos de operação, aplicáveis na gestão de operações e suas iterações com indicadores financeiros e gerenciais, dentre outros conceitos. São conhecimentos básicos, mas que podemos considerar indispensáveis para a atuação em logística.

Por exemplo, citemos alguns que dizem respeito ao estoque.

Começando pelo **EOQ (Economic Order Quantity)** – Lote Econômico de Compra, uma métrica que determina a quantidade ideal de pedidos que devem ser realizados para minimizar os custos totais de estoque, incluindo custos de pedido e armazenagem, e tem sido usada para reduzir custos e evitar desperdício com estoques excessivos.

ROP (Reorder Point) – Ponto de Reposição, é uma métrica que define quando um novo pedido deve ser feito, baseado na demanda e no tempo de reposição. Essa métrica evita rupturas de estoque e garante abastecimento contínuo, como podemos observar:

Gráficos e fórmulas importantes para Economic Order Quantity e Reorder point



Adaptações de Mário Soriano

Conceitos muito simples devem ser sempre vistos como possíveis elementos que trazem soluções a problemas logísticos mais complexos, como o representado pelo **MOQ (Minimum Order Quantity)** ou Quantidade Mínima de Pedido, que é a

quantidade mínima de unidades exigida por fornecedores para que um pedido seja aceito. Essa referência quantitativa afeta negociações, custos e a gestão de estoque, além de modular o EOQ supracitado.

Em conjunto com quaisquer métricas, temos o **LT (Lead Time)**, ou **Tempo de Reposição**, que corresponde ao tempo médio entre o pedido e a entrega dos produtos, essencial para **evitar rupturas de estoque** e garantir **previsibilidade** nas operações. Simples e de ampla utilização, figura como um dos conceitos mais importantes da logística.

São princípios e métodos que, de tão presentes, quase não se pode conceber logística e SCM sem eles.

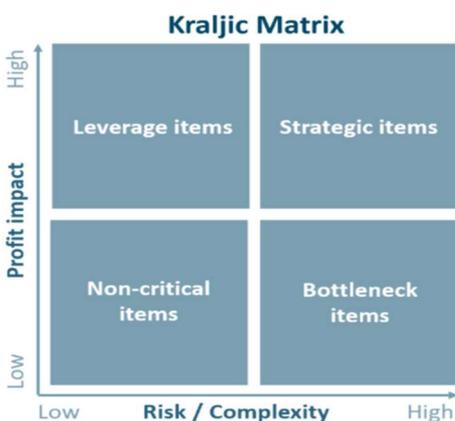
Outros exemplos incluem o **Fill Rate – Taxa de Atendimento**, que mede quantos pedidos foram atendidos completamente sem falta de estoque, um **Indicador-chave** de eficiência no atendimento ao cliente; o **Inventory Turnover – Giro de Estoque**, que avalia a eficiência na rotação do estoque e evita obsolescência; **Safety Stock – Estoque de Segurança**, que determina a quantidade extra de estoque necessária para evitar rupturas devido a variações na demanda ou atrasos no fornecimento, evita faltas inesperadas e mantém a operação fluindo; **Stockout Rate – Taxa de Ruptura**, que indica o número de vezes que um produto ficou indisponível quando foi solicitado, e é um indicador usado para acompanhar as entregas e contratos com clientes, sendo essencial para melhorar o índice de satisfação do cliente; A **Return Rate – Taxa de Devolução**, ajuda a gestão logística na identificação de problemas de qualidade ou logística; e mais um desses conceitos relacionados ao cliente é o **OTIF (On-Time In-Full) – Entrega no Prazo e Completa**, a métrica que avalia a eficiência das entregas, medindo quantas foram feitas no prazo e na quantidade correta e é indispensável para garantir qualidade no atendimento ao cliente.

Já o indicador de **Capacity Utilization – Taxa de Utilização da Capacidade**, por exemplo, é elementar para orimização logística, eis que indica quão eficiente está sendo o uso dos recursos produtivos.

Conhecer, aplicar e integrar essas métricas às práticas avançadas de gestão pode produzir melhoria substancial no nível de conhecimentos que geram valor ao negócio, seja na formulação de soluções para o cliente ou nas dinâmicas financeiras, comerciais e administrativas da organização.

Uma ferramenta que se destaca é a **matriz de Kraljic**, pois se aplica genericamente a todas as áreas do conhecimento.

A Matriz em questão é uma ferramenta estratégica utilizada na gestão de compras e suprimentos para classificar os itens adquiridos com base em dois eixos principais: risco de fornecimento e impacto na empresa. Ela foi desenvolvida por Peter Kraljic na década de 1980 e publicada na *Harvard Business Review*. Possui quatro categorias: a) Itens **estratégicos**, de alto impacto e alto risco de fornecimento, e exigem parcerias de longo prazo com fornecedores confiáveis. b) Itens de **alavancagem**, de alto impacto, mas baixo risco de fornecimento. Empresas podem negociar melhores preços e condições. c) Itens de **gargalo**, os de baixo impacto, mas alto risco de fornecimento, que demandam estratégias para evitar rupturas na cadeia de suprimentos. d) Itens não **críticos**, os de baixo impacto e baixo risco de fornecimento, produtos de fácil reposição e menor relevância estratégica.



A matriz ajuda as empresas a **priorizarem** suas compras, para reduzir custos e melhorar a gestão de fornecedores.

É fundamental para o exemplo em tela, em que as estratégias incluem a priorização de itens para diminuir os custos de inventário.

Conceitos relacionados aos **custos** são extremamente importantes, e alguns indicadores e métricas destacam-se no contexto gerencial, como o **DOH** e as técnicas de avaliação de custos. Revisitemos alguns conceitos da gestão dos

custos logísticos para impulsionar a geração de conhecimento logístico, iniciando pelo estoque, que é ativo de âmbito do SCM, da produção, e dos setores comercial, contábil, financeiro e logístico, indistintamente.

Os custos de estoque estão diretamente ligados à disponibilidade de produtos, mas também impactam o **fluxo financeiro** da empresa devido à **imobilização** de recursos. O estoque representa **capital imobilizado**, ou seja, recursos que poderiam ser investidos em outras áreas da empresa, como inovação, expansão ou otimização operacional. **O custo de capital** inclui despesas com financiamento, juros sobre capital investido e perdas por obsolescência de produtos armazenados por longos períodos.

Empresas devem equilibrar a necessidade de manter estoque com a redução de **custos financeiros**, utilizando estratégias como **gestão enxuta** (lean logistics) e reabastecimento contínuo, e métricas que integram as perspectivas de todos os setores da empresa.

O **Days on Hand (DOH)** mede a quantidade de dias que um estoque permanece armazenado antes da venda, então é crucial para análise dos custos. Estoques elevados geram custos adicionais, como custo de armazenagem (energia, manutenção, aluguel de espaço), risco de obsolescência (produtos ultrapassados ou vencidos), perdas financeiras associadas ao capital parado.

Para reduzir os impactos negativos do DOH nos custos, empresas podem adotar estratégias como Just-in-Time (JIT), melhoria na previsão de demanda e revisão dos níveis de estoque.

Alguns dos cálculos importantes nessa esfera são:

Custo de capital imobilizado: Esse cálculo ajuda a mensurar quanto dinheiro está parado no estoque e poderia ser investido em outras áreas.

$$\text{Custo de capital} = \text{DOH} \times \text{taxa de custo de capital}$$

Custo de armazenagem: Representa os gastos com espaço, manutenção e conservação dos produtos.

$$\text{Custo de armazenagem} = \text{DOH} \times \text{Custo diário de armazenagem unitário}$$

Risco de obsolescência ou perda: Indica o impacto da deterioração ou perda de valor dos produtos estocados.

$$\text{Custo de obsolescência} = \text{DOH} \times \text{Taxa de depreciação do estoque}$$

Efeito DOH no fluxo de caixa: Permite avaliar como os dias de estoque afetam a liquidez da empresa.

$$\text{Fluxo de caixa} = \text{Receita projetada} - (\text{DOH} \times \text{Custo de manutenção estoque})$$

Evidente que a logística está entrelaçada aos mais variados setores decisórios e sua atuação é tanto um complemento quanto a base para definição das ações que se deve tomar para obtenção do melhor resultado.

Estratégias avançadas como o **MEIO** podem ser essenciais para compreender os pontos de otimização necessárias para minimizar o impacto do DOH no resultado. Esse conhecimento é dos mais elementares, e podem ser a base da resiliência que certa empresa tem para superar adversidades, como as que enfrentamos no período da pandemia de coronavírus.

Ele se integra com os cálculos necessários aos setores estratégicos e comerciais, e também é importante para determinarmos o **ponto de equilíbrio financeiro**, uma métrica essencial para entender o volume mínimo de vendas necessário para cobrir todos os custos e despesas de uma empresa, sem gerar lucro ou prejuízo. Ele permite que os gestores definam o nível ideal de operações para garantir a sustentabilidade do negócio, ou seja, manter a operação, os empregos, o lucro, os investimentos, as necessidades de caixa, etc,

Esse item é também crucial para determinar o **nível de faturamento necessário** para manter a empresa estável, garantindo que todas as despesas sejam cobertas sem comprometer a saúde financeira da organização. O cálculo do ponto de equilíbrio é feito dividindo os custos e despesas fixas pela margem de contribuição unitária, ou seja, pela diferença entre receita e custos variáveis de cada produto vendido. O custo total da operação logística, por sua vez, é uma somatória complexa de custos fixos e variáveis que incluem ativos imobilizados como armazéns, equipamentos, frotas de veículos, mão de obra, sistemas, energia, saneamento, tributos, encargos, seguros, etc, e são aplicados conforme

a estrutura da empresa, e conforme seja proprietária de ativos ou terceirize as atividades. Alguns custos atribuídos à logística são rateios de atividades de setores distintos que se deve alocar ao centro de custo da logística, como o setor de compras, contábil, TI, recursos humanos, que invariavelmente empenham parte de seus esforços em atividades da operação.

Com essa visão, temos condições de abordar os custos do setor de logística de forma mais apropriada, integral. Mas para que tenhamos ainda mais alcance nesse aspecto, temos que entender onde, contabilmente, os custos serão alocados.

Em uma indústria ou comércio, podemos dizer que existem vários setores que representam centros de custos, ou seja, geram custos, e um setor que gera receita, o comercial (vendas e exportação), essencialmente, de forma geral. Todos os custos, de todos os setores e relacionados a todos os ativos, despesas, enfim, todo o universo de saídas de recursos já realizadas e a realizar em curto prazo deve ser alocado, obviamente, no estoque de materiais acabados e matérias primas - vale dizer, nos produtos que, quando vendidos, gerarão receitas. Afinal, os custos não são itens fictícios do resultado, eles são registrados em suas respectivas contas, mas tem que representar materialmente algum elemento (produtos).

Uma visão mais apurada desses custos:



Representação sintética de custos de uma operação de uma empresa comercial importadora que distribui produtos importados no mercado – Mário Soriano

Os cálculos e categorias de custos, acima, contudo, não dispensam o domínio do conhecimento específico sobre a operação e as dinâmicas de mercado relacionadas ao negócio. Sabe-se que também surgirão, no âmbito da logística, questões que remetem aos inter-relacionamentos da área com questões societárias, questões de cunho comercial, etc. Tais relações não escapam ao necessário aprimoramento do conhecimento da ciência logística, e demonstram ainda mais sua importância nas organizações, em todos os níveis. Os conceitos puramente logísticos serão correlacionados recorrentemente de modo multidisciplinar, de certo.

Custos são como expressões de um quantum econômico que uma empresa dispense para executar sua atividade, e são a base dos preços desde o upstream, das cadeias de valor até o downstream, normalmente a sociedade. Empresas, governos, entidades não governamentais, mesmo sem fins lucrativos, e até mesmo famílias e negócios informais, pessoas, autônomos, todos os elos de uma sociedade encontram no custo um delimitador natural, uma força contrária aos propósitos de obtenção de vantagem econômica ou material, sempre que haja uma relação onerosa, econômica.

O valor da produção das terras, para a escola fisiocrática, superada pela escola de Glasgow (Adam Smith) que abordava o valor do trabalho na formação dos preços moldaram o conceito de valor econômico, forjando também o conceito de custo. Em logística, assim como qualquer área, os profissionais devem dominar o tema dos custos que compõe a sua atividade, pois necessariamente, operam com exposição a riscos substanciais. Conhecer os custos, saber como calcular com acuracidade, e determinar estratégias de preços com base nos custos é sinal de amadurecimento.

Uma pequena amostra do custo da carga tributária no país:

Lista de tributos (impostos, contribuições, taxas, etc)

- | | |
|---|--|
| 1. Imposto sobre a importação de produtos estrangeiros (II) | 2. Imposto sobre a exportação de produtos nacionais ou nacionalizados (IE) |
|---|--|

3. Imposto sobre a renda e proventos de qualquer natureza (IR)
4. Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)
5. Imposto sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguro ou relativas a Títulos ou Valores Mobiliários (IOF)
6. Imposto Territorial Rural (ITR)
7. Imposto sobre operações relativas à Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação (ICMS)
8. Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA)
9. Imposto sobre Transmissões *Causa Mortis* e Doações de Qualquer Bem ou Direito (ITCMD)
10. Imposto sobre a Propriedade predial e Territorial Urbana (IPTU)
11. Imposto sobre Transmissão *inter vivos* de Bens e Imóveis e de direitos reais a eles relativos (ITBI)
12. Impostos sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS ou ISSQN).
13. Taxa de Autorização do Trabalho Estrangeiro
14. Taxa de Avaliação in loco das Instituições de Educação e Cursos de Graduação - Lei 10.870/2004
15. Taxa de Avaliação da Conformidade - Lei 12.545/2011 - art. 13
16. Taxa de Classif, Insp e Fis prod animais/vegetais/consumo nas ativ. agropecs - Dec-Lei 1.899/1981
17. Taxa de Coleta de Lixo
18. Taxa de Combate a Incêndios
19. Taxa de Conservação e Limpeza Pública
20. Taxa de Controle Administrativo de Incentivos Fiscais - TCIF - Lei 13.451/2017
21. Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental – TCFA - Lei 10.165/2000
22. Taxa de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos - Lei 10.357/2001, art. 16
23. Taxa de Emissão de Documentos (níveis municipais, estaduais e federais)
24. Taxa de Fiscalização da Aviação Civil - TFAC - Lei 11.292/2006
25. Taxa de Fiscalização da Agência Nacional de Águas – ANA - art. 13 e 14 da MP 437/2008
26. Taxa de Fiscalização CVM (Comissão de Valores Mobiliários) - Lei 7.940/1989
27. Taxa de Fiscalização de Sorteios, Brindes ou Concursos - art. 50 da MP 2.158-35/2001
28. Taxa de Fiscalização de Vigilância Sanitária Lei 9.782/1999, art. 23
29. Taxa de Fiscalização dos Produtos Controlados pelo Exército Brasileiro - TFPC - Lei 10.834/2003
30. Taxa de Fisc; Merc de Seguro e Resseguro, Capitaliz Previ Complementar Aberta - 12.249/2010
31. Taxa de Fisc. e Controle da Previdência Complementar - TAFIC - - art. 12 da Lei 12.154/2009
32. Taxa de Licenciamento Anual de Veículo - art. 130 da Lei 9.503/1997
33. Taxa de Licenciamento, Controle e Fiscl./Materiais Nucleares e Radioativos e suas instalações
34. Taxa de Licenciamento para Funcionamento e Alvará Municipal
35. Taxa de Pesquisa Mineral DNPM - Portaria Ministerial 503/1999
36. Taxa de Serviços - TS - Zona Franca de Manaus - Lei 13.451/2017
37. Taxa de Serviços Metrológicos - art. 11 da Lei 9.933/1999
38. Taxa de Utilização de Selo de Controle - art. 13 da Lei 12.995/2014
39. Taxas ao Conselho Nacional de Petróleo (CNP)
40. Taxa de Outorga e Fiscalização - Energia Elétrica - Lei 9.427/1996
41. Taxa de Outorga - Rádios Comunitárias - art. 24 da Lei 9.612/1998 e no Decreto 2.615/1998
42. Taxa de Outorga - Serviços de Transportes Terrestres e Aquaviários - a Lei 10.233/2001
43. Taxas de Saúde Suplementar - ANS - Lei 9.961/2000, art. 18
44. Taxa de Utilização do SISCOMEX - art. 13 da IN 680/2006
45. Taxas do Registro do Comércio (Juntas Comerciais)
46. Taxas Judiciárias
47. Taxas Processuais do Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE - Lei 12.529/2011
48. Fundo Estadual de Equilíbrio Fiscal - FEEF - Convênio ICMS 42/2016
49. Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL) - Lei 5.070/1966 c/ Lei 9.472/1997
50. Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) - Lei 5.107/1966
51. Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST) - art. 6 da Lei 9.998/2000
52. Fundo Especial de Desenv e Aperfeiç Ativi Fiscaliz (Fundaf) - DecLei 1.437/1975 e IN SRF 180/2002
53. Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) - Lei 10.052/2000
54. Taxa de licenciamento de impottação
55. Contribuição á Direção de Portos e Costas (DPC) - Lei 5.461/1968
56. Contribuição à Comissão Coordenadora da Criação do Cavallo Nacional - CCCCN - Lei 7.291/1984
57. Contribuição ao Fundo Nacional de Desenv Científico e Tecnológico - FNDCT - Lei 10.168/2000
58. Contribuição ao Fundo Nacional Desenv/ Educação (FNDE), "Salário Educação" - Decreto 6.003/2006
59. Contribuição ao Funrural - Lei 8.540/1992
60. Contribuição ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) - Lei 2.613/1955
61. Contribuição do Grau de Incid laborativa decorrente dos Riscos Ambientais do Trabalho (GILL-RAT)
62. Contribuição ao Serviço Brasileiro de Apoio a Pequena Empresa (Sebrae) - Lei 8.029/1990
63. Contribuição ao Serviço Nacional de Aprendizado Comercial (SENAC) - Decreto-Lei 8.621/1946
64. Contribuição ao Serviço Nacional de Aprendizado dos Transportes (SENAT) - Lei 8.706/1993

- | | |
|--|--|
| <p>65. Contribuição ao Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI) - Lei 4.048/1942</p> <p>66. Contribuição ao Serviço Nacional de Aprendizado Rural (SENAR) - Lei 8.315/1991</p> <p>67. Contribuição ao Serviço Social da Indústria (SESI) - Lei 9.403/1946</p> <p>68. Contribuição ao Serviço Social do Comércio (SESC) - Lei 9.853/1946</p> <p>69. Contribuição ao Serviço Social do Cooperativismo (SESCOOP) - art. 9, I, da MP 1.715-2/1998</p> <p>70. Contribuição ao Serviço Social dos Transportes (SEST) - Lei 8.706/1993</p> <p>71. Contribuição Confederativa Laboral (dos empregados) - facultativa</p> <p>72. Contribuição Confederativa Patronal (das empresas) - facultativa</p> <p>73. Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico – CIDE Combustíveis - Lei 10.336/2001</p> <p>74. Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico – CIDE Remessas Exterior - Lei 10.168/2000</p> <p>75. Contribuição para a Assist Social e Educacional aos Atletas Profissionais - FAAP - Dec 6.297/2007</p> | <p>76. Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública - Emenda Constitucional 39/2002</p> <p>77. Contribuição pp/ Desenvda IndCinematográfica Nacional – CONDECINE - e Lei 10.454/2002</p> <p>78. Contribuição para o Fomento da Radiodifusão Pública - art. 32 da Lei 11.652/2008</p> <p>79. Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta (CPRB) - art. 8º da Lei 12.546/2011</p> <p>80. Contribuição Sindical Laboral</p> <p>81. Contribuição Sindical Patronal</p> <p>82. Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS)</p> <p>83. Contribuições aos Órgãos de Fiscalização Profissional (OAB, CRC, CREA, CRECI, CORE, etc.)</p> <p>84. Contribuições de Melhoria: asfalto, calçamento, esgoto, rede de água, rede de esgoto, etc.</p> <p>85. DPVAT - leia porque DPVAT é classificado comoributo?</p> <p>86. Fundo Aeroviário (FAER) - Decreto Lei 1.305/1974</p> <p>87. Fundo de Combate à Pobreza -Atos das Disposições Constitucionais Transitórias, EC 31/2000</p> |
|--|--|

Aplicações dos indicadores correlacionados

Retomando os exemplos de situações hipotéticas em que o gestor de logística é chamado para opinar de reuniões com os shareholders, podemos formular mais algumas questões como exemplos, como se fossem endereçadas ao gerente de logística, demandando conhecimento interdisciplinar:

- Explique o ROI e o payback do investimento que pretendemos fazer em 100 novos caminhões para a transportadora, e convença os investidores, mesmo com os resultados atuais em níveis abaixo do esperado, como o gestor da operação.

- qual a fórmula que você considerou e os parâmetros usados no sistema para definir as melhores rotas e gerar menos emissões, otimizando os custos e o tempo? Pode atestar que o sistema usa dados corretos e que os resultados são auditáveis? Podemos capitalizar com carbon credits para gerar valor com isso?

- Vamos fazer uma joint venture com os americanos, ou vender parte dos ativos aos europeus? Quantas milhares de pessoas demitiremos na operação logística toda? É possível manter os postos de trabalho de algum modo? Como head de logística, você tem uma sugestão realista para evitar uma RJ?
- A exposição atual da operação está em níveis saudáveis? Poderia sugerir covenants¹⁰ ou instrumentos específicos como limitadores para os indicadores financeiros da operação logística, mantendo a creditabilidade?
- Os clientes novos operam com qual sistema produtivo, ATO, CTO ou ETO?¹¹Quais as estratégias que você sugere para atender as demandas desses clientes com o melhor desempenho logístico?
- Nosso fluxo de caixa do período e TMAR c considerando o IRPJ, o Valor Presente Líquido da operação logística em análise gera qual prospecto em sua opinião? Qual seu plano, como head de logística, para que o excedente seja suficiente para o retorno em 3 anos?
- etc

Como todos os temas de caráter estratégico acima foram descritos por meio de exemplos de situações comuns, todas aplicáveis a empresas de logística, (envolvendo logística, aplicável à logística, impactando logísticas), são indistintamente objeto de conhecimento de alta relevância para as lideranças na área. E são vitais, pois os impactos de decisões nos mais altos níveis hierárquicos são desafiadores, podendo resultar no sucesso duradouro ou fracasso.

¹⁰ **Covenants** são cláusulas contratuais utilizadas em financiamentos e empréstimos para proteger os interesses dos credores. Elas estabelecem obrigações e restrições que os tomadores de crédito devem seguir para garantir a estabilidade financeira e reduzir riscos.

¹¹ Assemble-to-Order (ATO): Montagem Rápida com Componentes Pré-Fabricados usado quando a demanda individual é imprevisível, mas o grupo de produtos tem consumo regular. Configure-to-Order (CTO): Personalização Controlada, usado para produtos com produção ou de montagens modulares. Engineer-to-Order (ETO): Projeto Sob Medida para Demanda Única, demandando especial atenção a cada projeto.

Infere-se que logística, em seus níveis mais elevados, demandam essa pluralidade de conhecimentos, além de exímia capacidade analítica. Serão mesclados os indicadores da operação com resultados, aspectos decisórios que evocam feeling de negócios e noções contratuais, gestão de pessoas, etc.

Uma pesquisa desenvolvida por Marchesini & Alcântara (2013) revelou que muitos processos-chave da Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM) estão inseridos no escopo da função logística nas empresas analisadas. Dessa forma, a logística não apenas influencia esses processos, mas também coordena e executa diversas atividades essenciais, incluindo Gestão do Relacionamento com o Cliente (CRM), Gestão do Serviço ao Cliente, Atendimento de Pedidos, Gestão de Retorno, Gestão do Relacionamento com Fornecedores, Gestão da Demanda e Gestão do Fluxo de Manufatura.

Atualmente, a logística deixou de atuar de maneira reativa e isolada dentro de um departamento específico, onde apenas recebia e cumpria solicitações de trabalho. Em vez disso, assumiu uma postura proativa, participando das decisões estratégicas e táticas da empresa. Além de apoiar os processos-chave de negócio, a logística passou a realizar parcial ou integralmente várias dessas atividades.

Embora ainda receba e atenda pedidos de trabalho, a logística agora desempenha um papel crucial no planejamento e execução dos processos, fornecendo informações estratégicas para outras áreas (Marchesini & Alcântara, 2013) e para a equipe de gestão do processo. Essa evolução reforça sua importância na estrutura organizacional e na eficiência da cadeia de suprimentos.

E no que se refere a eficiência, não podemos deixar de contemplar o estudo dos gargalos estruturais em evidência atuais, pois os temas em evidência na logística não são puramente questões de tecnologia, ou de indicadores. Há gargalos estruturais de impacto substancial a serem superados. Por exemplo, a infraestrutura logística, que enfrenta desafios para acompanhar o aumento da movimentação de frete. O desequilíbrio nos ativos logísticos dificulta o fluxo eficiente das mercadorias, agravando a escassez de capacidade.

O crescimento acelerado do comércio eletrônico durante a pandemia deslocou a crise de capacidade para a logística last mile, já que os consumidores passaram a comprar mais online e menos em lojas físicas. Além disso, a falta de trabalhadores na área logística, um problema já identificado antes da pandemia, tornou essa situação ainda mais complexa. Embora mudanças na infraestrutura portuária e rodoviária ao redor do mundo sejam inevitáveis para suportar esse crescimento sem precedentes, os benefícios dessas melhorias serão percebidos a longo prazo. Não se pode descartar a essencial função da interdisciplinaridade, seja qual for a área de atuação. É no decorrer do amadurecimento profissional, na experiência diária, que a necessidade e a dedicação se somarão para que cada um busque sempre mais conhecimento, primeiramente em sua própria área de escolha, mas sem esquecer que sem conhecimentos amplos e habilidades distintas, não se poderia atingir patamares mais elevados com facilidade, visto que os títulos mais altos demandam essa amplitude e essa magnitude para a progressão. Não é necessário para o executor da logística ser um contador, um engenheiro de sistemas, um advogado, um matemático, etc, para executar as ações e tomar as decisões mais estratégicas da logística. Mas é preciso entender os principais elementos de cada área, dentre os que mantenham relação com o negócio, e que normalmente são reservados aos cargos ou escalões hierárquicas mais ao topo de um organograma.

Integração é essencial para organizações. O artigo "*Integração entre logística e marketing: fatores críticos na perspectiva de interação e colaboração*" os autores discutem a influência da colaboração entre essas duas áreas no desempenho organizacional (Pimenta et al., 2011). Os resultados ressaltaram que a sinergia entre Marketing e Logística facilita a comunicação, compartilhamento de responsabilidades e resolução conjunta de problemas, tornando os processos internos mais eficientes. Também concluem que a falta de integração pode criar barreiras à cooperação, dificultando o alinhamento entre funções e impactando negativamente o desempenho da empresa. Além disso, a pesquisa destaca que a interação pode ocorrer de forma formal e informal, sendo regulada por estruturas organizacionais ou baseada na construção de confiança entre as equipes (Pimenta et. al, 2011).

Para esses saberes e habilidades necessários à tomada de decisões, a tecnologia apenas complementa a dedicação, os estudos, o aprendizado, e jamais substitui a experiência e o conhecimento adquirido. A título de ilustração, podemos esperar de qualquer gerente, seja qual for o negócio, entenda de gestão, do negócio em que atua, saiba lidar com documentos, números, pessoas, finanças -algo que se aplica ao pequeno comércio e ao grupo internacional. Isso justifica meu mergulho no lado mais basilar da ciência logística, o que mostra o papel humano e da gênese da ciência na sociedade, para então evocar complexidades da mais alta tecnicidade e elevado nível da área, tanto por meu próprio interesse quanto para uma pessoa que, para meu maior senso de alegria, possa vir a se interessar por logística enquanto ciência.

O processo de criação de conhecimento organizacional envolve três etapas principais: externalização, combinação e internalização. Na externalização, o conhecimento tácito de um indivíduo se transforma, parcialmente, em conhecimento explícito por meio da conversação e reflexão dentro de um grupo (Santos, 2019), de um líder, de uma atividade educativa. Na combinação, esse conhecimento explícito é organizado e aplicado na estrutura da organização, fortalecendo a gestão do conhecimento corporativo - inteligência corporativa.

Quanto ao conhecimento explícito adquirido, este acaba sendo assimilado pelos indivíduos, convertendo-se novamente em conhecimento tácito na forma de modelos mentais compartilhados e know-how, além de know-why (Santos, 2019) Enquanto o know-how trata sobre como executar tarefas, o know-why foca na razão e no valor estratégico do trabalho desenvolvido (Nascimento & Albuquerque, 2011), garantindo alinhamento entre os colaboradores e os objetivos da organização. Esse ciclo contínuo de socialização e aprendizado fortalece a espiral de criação do conhecimento dentro da empresa, algo que devemos estimular.

Administração, gestão, logística, são temas de Ciências Humanas Aplicadas, como todos sabem. Figura no escopo da administração, e dela não se desvincula. Quando fiz uma especialização na área de humanas aplicadas, o foco central era a interdisciplinariedade e a criação de conhecimento pelo método científico. Tais considerações nos remetem ao fato de que, para conhecer e gerar conhecimento na logística, a tecnicidade é fonte formal, mas a fonte material reside nas ciências

humanas. As relações estruturais podem ser abstratas, se e quando puramente lógicas, ou podem ser relações concretas, se e quando incorporadas a um sistema.

O estruturalismo não é uma corrente de pensamento que se queira "melhor" do que as demais. O que sustentam os estruturalistas é que a abordagem metodológica que aplicam é adequada a determinados objetos, ao desvelamento de estruturas não aparentes, ocultas sob o que é manifesto e intencional (Domingues & Fonseca, 2021). Isso pode ser aplicado à gestão logística ao analisar as relações subjacentes que organizam os processos, indo além da simples operação de transporte, armazenagem ou distribuição. Em vez de focar apenas na funcionalidade dos sistemas, o estruturalismo busca compreender as interdependências entre os elementos que compõem a cadeia de suprimentos (Thiry-Cherques, 2005).

A logística não opera apenas com organogramas e fluxos visíveis, mas também com estruturas subjacentes, como relações entre fornecedores, padrões de demanda, ciclos de estoque e redes de transporte. O estruturalismo pode ajudar a identificar padrões ocultos na distribuição de mercadorias, melhorando a eficiência operacional e estratégica. No pensamento estruturalista, os processos de transporte, armazenagem e gestão de estoques não devem ser analisados isoladamente, mas sim como parte de um sistema interconectado.

As relações entre os elementos da logística podem ser descritas como redes, onde cada decisão impacta a estrutura como um todo. Isso permite que gestores logísticos visualizem os processos além do fluxo operacional tradicional, revelando interdependências estratégicas entre fornecedores, distribuidores e clientes. Também possibilita que empresas ajustem estratégias de distribuição, previsão de demanda e gestão de estoque de forma mais integrada e eficiente. Em uma abstração, teorias como análises de árvores de falhas tem dinâmica similar a estas redes. Ainda, as áreas do conhecimento que se relacionam com o setor logístico e com a operação da movimentação podem ser representadas desta forma, redes de relações diversas, interconectadas.

A aplicação do estruturalismo na logística pode ajudar organizações a aprimorar suas operações e prever mudanças no mercado, tornando a gestão logística mais estratégica e baseada em padrões interconectados (Thiry-Cherques, 2005). Acredito

que está justamente nesse ponto a chave para fazer o saber logístico – algo que permite a um profissional poder se abster de aderir a doutrinas sem sobre elas poder argumentar. Ora, há em tudo o que se postula uma janela para o debate, o argumento.

A acertada conclusão de Nayara Carvalho (2022) em seu artigo para a FATECLog, reflete o sentido de se aplicar tal viés no contexto da logística:

“... a partir do momento em que há o emprego de uma gestão do conhecimento dentro da organização, fica facilitada a criação de estratégias que permitam agregar valor à cadeia de suprimentos ...”

Tomada de decisão

A tomada de decisão objetiva concluir pela opção que resulte no melhor desempenho e ajuste entre as expectativas do decisor e as disponibilidades ao decidir, e nesse viés há influências de elementos objetivos e subjetivos (Rosa et al, 2015). As decisões estratégicas no transporte variam conforme o horizonte de tempo. No curto prazo, as transportadoras ajustam rotas e veículos conforme a demanda, considerando fatores como distância e infraestrutura. No médio prazo, o foco se volta para o nível de serviço, adequando a frota às necessidades dos clientes, pois há a possibilidade de mudança de prestador ou de modal de transporte. No longo prazo, a incerteza aumenta, pois os embarcadores podem alterar sua localização geográfica, exigindo uma reestruturação da rede de transporte (Martins et al., 2005)

Os estudos reportados no artigo *Analytic hierarchy process application in selecting the mode of transport for a logistics Company* (Kumru et al. 2013), publicado no *Journal of Advanced Transportation* compararam várias técnicas de tomadas de decisão na área de logística, especialmente citando os métodos:

a) **Processo de Análise Hierárquica (AHP)**, método de tomada de decisão multicritério amplamente utilizado para avaliar e priorizar alternativas com base em diferentes critérios, para assim estruturar problemas complexos em uma hierarquia, facilitando a comparação entre opções e a definição de prioridades, e verifica a coerência das comparações feitas, garantindo julgamentos consistentes.

b) **LBS (Light Beam Search)**, um método de busca heurística utilizado em problemas de otimização e tomada de decisão, permitindo ajustes iterativos para encontrar soluções mais satisfatórias e é frequentemente aplicado em cenários onde múltiplos critérios precisam ser considerados simultaneamente, como na seleção de modais de transporte para empresas logísticas.

c) **ELECTRE III**, um método de apoio à decisão multicritério que pertence à família ELECTRE, desenvolvida para lidar com problemas de decisão complexos. Ele se baseia na comparação entre alternativas, eliminando as menos vantajosas e destacando as mais preferidas de acordo com múltiplos critérios, aplicação em problemas complexos: É utilizado em diversas áreas, como logística, planejamento urbano e gestão de recursos.

d/e) Os métodos **ORESTE** e **MAPPAC** fazem parte da família de técnicas de Tomada de Decisão Multicritério (**MCDM**), utilizadas para avaliar e priorizar alternativas com base em múltiplos critérios. ORESTE usa relações de preferência para estabelecer uma classificação das alternativas, sendo útil quando há incerteza ou dificuldade em atribuir pesos numéricos. MAPPAC combina elementos da teoria de utilidade multiatributo (**MAUT**) e da teoria de superação (outranking). Ele permite comparar alternativas considerando preferências e compensações entre critérios. Esses métodos são aplicados em diversas áreas, como logística, transporte e planejamento estratégico, ajudando na escolha de opções mais adequadas com base em múltiplos fatores.

Se os métodos descritos acima parecerão fora do escopo logístico, citemos que, na verdade, somente será percebida a importância de conhecê-los quando chegarmos ao ponto em que aquelas perguntas acima nos forem direcionadas. Ou quando dermos uma opinião e nossos superiores perguntarem como chegamos a essa conclusão. Nesse ponto, as pessoas notarão a importância da teoria, da forma

dogmática e conceitual da administração, da gestão estratégica, do uso de metodologias para decisões de alta complexidade.

Atualmente, a logística deixou de atuar de forma reativa e isolada, restrita a um departamento específico onde apenas recebe e executa solicitações de trabalho. Ela passou a desempenhar um papel proativo, influenciando diretamente decisões estratégicas e táticas dentro da organização. Além de oferecer suporte aos processos-chave de negócio, a logística agora participa ativamente, podendo assumir a execução parcial ou integral de diversas atividades essenciais para o funcionamento da empresa. Desde que surgiram novos conceitos na gestão de cadeias de fornecimento a função logística ampliou substancialmente o seu escopo de atuação, deixando de abordar a simples missão de atender pedidos para realizar a “gestão do pedido”, embasando o cenário para a um serviço cada vez mais eficiente no setor logístico (Marchesini & Alcântara, 2013).

Curioso – cerca de 30 anos atrás, na primeira aula da faculdade, os alunos calouros aguardavam a entrada de um desembargador, um juiz, promotor, delegado, advogado, para ministrar a aula. Eia que surge um religioso de alta posição, um Monsenhor¹², e anuncia sua aula de teologia e cultura religiosa. Quando perguntado por um aluno sobre a matéria, ele responde algo como: *"nenhum de vocês precisa da cultura religiosa para ser um advogado, ou promotor, ou juiz. Mas todos vocês precisam de cultura religiosa para ser um bom advogado, bom promotor, bom juiz"*. Soubemos depois que toda a sociedade e seus sistemas jurídicos obviamente tiveram suas origens altamente pautadas na religião. Da mesma forma, qualquer área do conhecimento precisa de fundamentos, sempre denotando multidisciplinaridade, em maior ou menor escala.

Uma dimensão importante do tema que se expõe é o próprio caminho que a trilhar pelo executor da área de logística na produção de conhecimento, seja por produção científica em pesquisas acadêmicas, TCCs, teses de doutorado, seja para produzir

¹² Monsenhor é um título honorífico concedido pelo Papa a alguns sacerdotes da Igreja Católica em reconhecimento por serviços prestados. O trecho citando o pároco é uma recordação do autor em seu curso de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Jurídicas e Sociais /Direito e Sociologia.

um relatório profissional, fazer um dashboard para apresentar resultados aos acionistas, seja para outros fins.

Otimização

Otimização enquanto diretriz da área de logística é tema que está sempre em evidência, é um tema desafiador. Otimizar uma carga usando 3D e otimizar a mesma carga fisicamente pode ser um bom exemplo de desafio. É o momento em que teoria e prática se encontram, e eventualmente, apresentam complexidades que dificultam a conciliação do que se planeja com o que se verifica na situação empírica. É comum que algo ocorra durante a movimentação, jogando contra a excelência buscada para a operação. É por isso que existem os competentes colaboradores do setor logístico, dando vida ao movimento.

Atualmente, a tecnologia e avanços da ciência logística permitem aos transportadores, por exemplo, a otimização de rotas visando a maior eficiência, com uma roteirização apurada que permite o menor trajeto, com o menor consumo, menor tempo, menor volume de emissões de poluentes, etc, resultando em otimização da atividade (Ferigato, 2023). Inclusive, roteirização já tem condições de fazer incluir em sistemas o georreferenciamento via web, dados de trânsito, clima e rastreamento em tempo real.

Tudo começa pelo conhecimento que remonta aos cálculos. Em especial, tudo começa pela teoria dos grafos e pelos famosíssimos casos icônicos da logística: As sete pontes de Königsberg, o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), e o Problema do Carteiro Chinês (PCC).

Grafos e Algoritmos

A teoria dos grafos é a base para vários problemas clássicos de logística e otimização de custos por roteirização. Um dos primeiros desafios estudados foi o das sete pontes de Königsberg, que levou ao desenvolvimento da teoria dos grafos pelo matemático Euler. O problema consistia em determinar se era possível atravessar todas as pontes da cidade sem repetir nenhuma, o que resultou em conceitos fundamentais sobre caminhos e conexões. Outro caso famoso que pode usar grafos é o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), que busca encontrar a rota mais eficiente para visitar um conjunto de cidades e retornar ao ponto de partida, minimizando custos e distâncias. De maneira semelhante, o Problema do Carteiro Chinês (PCC) trata da otimização de rotas para percorrer todas as ruas de um determinado local com o menor custo possível, sendo amplamente utilizado na organização de serviços de entrega e manutenção urbana. Esses desafios são exemplos marcantes do impacto da teoria dos grafos na solução de problemas práticos e na melhoria de sistemas logísticos.

Com base nesse saber e na programação algorítmica, é possível programar sistemas que permitam definir as rotas otimizadas, somados a inputs - alimentados sistemicamente - facilitando, aprimorando, e otimizando a logística.

No estudo de 2020 intitulado “*Sistema Milk Run: aplicado à teoria dos grafos - o estudo de uma rota. In: EnGeTec - Encontro de Engenharia e Tecnologia*” que avaliou a aplicação da teoria dos Grafos com uso do algoritmo de Dijkstra¹³ aos processos logísticos Milk Run, os autores concluíram que a roteirização, dentro do Milk Run, torna-se essencial para que o caminho entre os locais de coleta seja realizado de maneira eficaz e eficiente, otimizando o tempo e distancias. Os autores concluíram com uma importante reflexão sobre o conhecimento, afirmando que :

“o conhecimento do cenário competitivo na distribuição pode auxiliar os gestores logísticos a ter uma melhor visão em que possibilite o desenvolvimento de estratégias que Desafios da inovação na nova economia e na sociedade...” (Cruz et al., 2020)

O melhor algoritmo para roteirização urbana depende do contexto e dos critérios utilizados. Há estudos que afirmam a superioridade do modelo de Floyd-Warshall como uma opção eficiente para calcular caminhos mínimos em sistemas de transporte urbano. Ele é útil para encontrar rotas entre todos os pares de pontos em um grafo, sendo ideal para aplicações que precisam de múltiplas consultas rápidas. Por outro lado, o Dijkstra é mais eficiente quando se busca o menor caminho a partir de um único ponto de origem, sendo amplamente utilizado em sistemas de navegação e GPS. Além disso, há abordagens mais avançadas que combinam inteligência artificial e heurísticas para otimizar a logística de entregas, reduzindo custos e tempo de deslocamento.

Os sistemas de roteirização mais famosos utilizam diferentes algoritmos para calcular rotas eficientes, por exemplo:

¹³ O algoritmo de Dijkstra é um método eficiente para encontrar o caminho mínimo entre um nó de origem e todos os outros nós em um grafo. Ele foi desenvolvido por Edsger Dijkstra em 1956 e publicado em 1959.

Baseados em Teoria dos Grafos:

- **Dijkstra:** Utilizado em sistemas de navegação como GPS e Google Maps. Ele encontra o caminho mínimo a partir de um único ponto de origem.
- **Floyd-Warshall:** Aplicado em sistemas que precisam calcular caminhos mínimos entre todos os pares de pontos, como roteirização urbana.
- **A (A-Star)*:** Um algoritmo heurístico usado em jogos e sistemas de navegação, combinando custo e estimativa de distância para otimizar trajetos.

Baseados em Programação Linear e Otimização:

- **Problema do Caixeiro Viajante (TSP):** Usado em logística e transporte para encontrar a melhor sequência de visitas a locais.

- **Problema de Roteamento de Veículos (VRP):** Aplicado em sistemas de entrega e transporte de cargas, otimizando rotas para múltiplos veículos.
- **Branch and Bound:** Método de otimização usado para resolver problemas de roteirização complexos.

Baseados em Inteligência Artificial e Heurísticas:

- **Redes Neurais:** Algumas empresas utilizam aprendizado de máquina para prever padrões de tráfego e otimizar rotas.
- **Algoritmos Genéticos:** Aplicados em logística para encontrar soluções eficientes de roteamento sem depender exclusivamente de grafos.
- **Ant Colony Optimization (ACO):** Inspirado no comportamento de formigas, usado para encontrar caminhos ótimos em redes de transporte.

Modelo de Fórmula, Algoritmo e código - usando conhecimento, experiência, tecnologia e visão multidisciplinar para gerar um programa de roteirização simples

Um desenho simples de algoritmo que desenvolvi nesse estudo, apenas como exemplo, e apenas com os mais simples parâmetros, seria representado em linguagem matemática como ilustrado a seguir.

Nota – como profissional das áreas de humanas, inicialmente foi desafiador entender o que está por trás dos cálculos de roteirização. Foram dedicadas incontáveis horas de estudo para poder compreender linguagem de programação e sintaxe, algoritmos, para poder somar com a experiência consolidada em logística avançada para poder desenvolver algo, mesmo tão simples. Foram usados para tal modelo os estudos de artigos acadêmicos e os sistemas Google IA Studio, Copilot, Copilot para GitHub e assistente do Visual Basic, além do Excel, VBA e Power Query.

FÓRMULA

$$\text{Minimizar } Z = \{ w_1 * \Sigma(\text{Distancia}_{ij} * x_{ijk}) + w_2 * \Sigma(\text{TempoViagem}_{ijk} * x_{ijk} + \text{TempoServico}_i * \Sigma x_{ijk}) + w_3 * \Sigma(\text{Emissao}_{ijk} * x_{ijk}) \}$$

Sujeito a:

```
// Onde w1, w2, w3 → pesos / prioridade
Sujeito a: // Restrições
Básicas (VRP Clássico)
Σ (k, i) x_ijk = 1 // Cada cliente
visitado uma vez
Σ (i) x_ihk - Σ (j) x_hjk = 0 // Fluxo do
veículo no cliente h
Σ (j) x_0jk ≤ 1 // Cada veículo sai no
máximo 1 vez
Σ (j) x_0jk = Σ (i) x_i0k // Veículo
que sai, volta
u_ik - u_jk + Q_k * x_ijk ≤ Q_k - q_j // Capacidade
(formulação MTZ)
q_i ≤ u_ik ≤ Q_k // Limites da
carga auxiliar
T_ik ≥ InicioJanela_i // Janela de
tempo - Início
```

```
T_ik + TempoServico_i ≤
FimJanela_i // Janela de
tempo - Fim
(T_ik + s_i + t_ijk) * x_ijk - M*(1-
x_ijk) ≤ T_jk // Propagação Tempo
// Σ (i, j, k) [ Emissao_ijk * x_ijk ]
≤ LimiteTotalEmissao
x_ijk ∈ {0, 1}
u_ik ≥ 0
T_ik ≥ 0
```

Conjuntos:

$N = \{0, 1, \dots, n\}$: Conjunto de todos os nós (depósito + clientes).

$C = \{1, \dots, n\}$: Conjunto de nós dos clientes.

$V = \{1, \dots, k\}$: Conjunto de veículos disponíveis.

Parâmetros (Dados de Entrada):

d_{ij} : Distância física entre o nó i e o nó j .

e_{ij} : Fator de Elevação na aresta (i, j) . Pode ser a diferença de altitude, ou uma classificação (ex: -2=declive acentuado, -1=declive leve, 0=plano, 1=aclive leve, 2=aclive acentuado).

q_i : Demanda (quantidade a ser entregue/coletada) no cliente i . $q_0 = 0$.

Q_k : Capacidade máxima do veículo k .

s_i : Tempo de serviço/operação no cliente i . Você mencionou "descontando meia hora", então $s_i = 0.5$ horas (ou 30 minutos) para i em C . $s_0 = 0$.

L_{ij} : Limite de velocidade na estrada/segmento entre i e j .
 v_{base_k} : Velocidade base ou média do veículo k em condições ideais (plano, sem tráfego).
 $f_{elev}(e_{ij}, k)$: Função de Impacto da Elevação na Velocidade. Essa função calcula um fator de ajuste na velocidade do veículo k baseado na elevação e_{ij} . Por exemplo:
 Se $e_{ij} > 0$ (aclive): A velocidade diminui (fator < 1). A intensidade da diminuição pode depender de e_{ij} e das características do veículo k (potência, peso carregado no momento).

Se $e_{ij} < 0$ (declive): A velocidade pode aumentar mas limitada pelo limite L_{ij} (fator $>= 1$).
 Se $e_{ij} = 0$ (plano): Fator = 1.
 $f_{traf}(t, i, j)$: **Fator de Impacto do Tráfego**

ALGORITMO PYTHON

```
from pulp import LpProblem, LpVariable, LpMinimize
# Criando o problema de otimização
problema = LpProblem("Roteirizacao_de_Veiculos", LpMinimize)
# Variáveis de decisão
x_ijk = { (i, j, k): LpVariable(f"x_{i}_{j}_{k}", 0, 1, cat="Binary") for i in
clientes for j in clientes for k in veiculos }
u_ik = { (i, k): LpVariable(f"u_{i}_{k}", 0, Q_k, cat="Continuous") for i in
clientes for k in veiculos }
T_ik = { (i, k): LpVariable(f"T_{i}_{k}", 0, None, cat="Continuous") for i in
clientes for k in veiculos }
# Função objetivo: Minimizar custo total (distância, tempo e emissões)
problema += (
    w1 * sum(Distancia_ij[i, j] * x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in
clientes for k in veiculos) +
    w2 * sum(TempoViagem_ijk[i, j, k] * x_ijk[i, j, k] + TempoServico_ij[i]
* sum(x_ijk[j, i, k] for j in clientes) for i in clientes for k in veiculos) +
    w3 * sum(Emissao_ijk[i, j, k] * x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in
clientes for k in veiculos)
)
# Restrições básicas
for k in veiculos:
    problema += sum(x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in clientes) <= 1
# Cada cliente visitado uma vez
problema += sum(x_ijk[i, h, k] - x_ijk[h, j, k] for h in clientes) == 0
# Fluxo de veiculos
problema += sum(x_ijk[0, j, k] for j in clientes) <= 1 # Cada veiculo
sai no máximo uma vez
```

```
problema += sum(x_ijk[0, j, k] for j in clientes) == sum(x_ijk[i, 0, k]
for i in clientes) # Veiculo retorna ao depósito
# Restrição de capacidade
for i in clientes:
    for k in veiculos:
        problema += u_ik[i, k] - u_ik[j, k] + Q_k * x_ijk[i, j, k] <= Q_k - q_j[j]
# Capacidade MTZ
problema += q_ij[i] <= u_ik[i, k] <= Q_k # Limites da carga auxiliar
# Janela de tempo
for i in clientes:
    for k in veiculos:
        problema += T_ik[i, k] >= InicioJanela[i] # Inicio janela de tempo
        problema += T_ik[i, k] + TempoServico[i] <= FimJanela[i] # Fim
da janela de tempo
        problema += (T_ik[i, k] + TempoServico[i] + TempoViagem_ijk[i, j,
k]) * x_ijk[i, j, k] - M*(1 - x_ijk[i, j, k]) <= T_ik[j, k] # Propagação do
tempo
# Resolvendo o problema
problema.solve()
# Exibir resultado
for i in clientes:
    for j in clientes:
        for k in veiculos:
            if x_ijk[i, j, k].varValue == 1:
                print(f"Veiculo {k} viaja de {i} para {j}")
```

CÓDIGO VBA

```
Sub RoteirizacaoVeiculos()
    Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer
    Dim w1 As Double, w2 As Double, w3 As Double
    Dim custoDistancia As Double, custoTempo As Double,
custoEmissao As Double
    Dim clientes As Integer, veiculos As Integer
    ' Definição dos pesos
    w1 = 1 ' Peso distância
    w2 = 1 ' Peso tempo
    w3 = 1 ' Peso emissões
    ' Número de clientes e veiculos (exemplo)
    clientes = 5
    veiculos = 3
    ' Inicialização do custo total
    Dim Z As Double
    Z = 0
    ' Simulação de cálculo dos custos (baseado na planilha)
    For k = 1 To veiculos
```

```
        For i = 1 To clientes
            For j = 1 To clientes
                ' Pegando os valores das células (presume-se que haja uma
matriz de distâncias na planilha)
                custoDistancia = Cells(i, j).Value
                custoTempo = Cells(i, j + clientes).Value
                custoEmissao = Cells(i, j + (2 * clientes)).Value
                ' Somando os custos ponderados
                Z = Z + (w1 * custoDistancia) + (w2 * custoTempo) + (w3 *
custoEmissao)
            Next j
        Next i
    Next k
    ' Exibir resultado
    MsgBox "Custo total da roteirização: " & Z, vbInformation,
"Resultado"
End Sub
```

Fórmulas, algoritmo e codigos - Mário Soriano com Copilot e Google AI Studio

Se nos questionamos sobre o valor para um profissional da área de logística em conhecer sobre algoritmos, genericamente, a resposta seria um retumbante “valor

algum” . Mas se nos perguntássemos se seria importante conhecer o algoritmo usado para roteirização logística - que é o coração da otimização dos transportes - ou a importância de conhecer os códigos e programação utilizados para implementar a fórmula em um sistema, como o Excel, a resposta seria muito diferente - mesmo que ainda existam opiniões reacionárias, sob justificativas como “a existência de soluções prontas” . E claro, há milhares de soluções prontas.

Não é necessário saber escrever códigos, ou formular algoritmos, mas é importante conhecer suas bases, ser capaz de entender os parâmetros sistêmicos e de tudo o que é levado em conta na roteirização. Isso distinguirá o profissional por meio de seu conhecimento, sua capacidade e pelo que resulta esse conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes. Afinal, é um profissional de logística que conhece as operações, é ele que deverá estabelecer os vários parâmetros que refletem os tantos desafios que impactam no seu trabalho. Ora, sendo o algoritmo dos grafos a forma de otimizar um processo logístico, é de se conhecer essa ferramenta.

Não há nenhuma obrigatoriedade, claro, de se conhecer essa função para o desempenho da maioria das profissões relacionadas, apenas se torna essencial para os que desejam se posicionar como experts, consultores, especialistas na área, caso em que essa teoria não é apenas uma distinção, mas o mínimo necessário. Tanto que é tema dos estudos de rotas desde Euler ¹⁴, no século XVIII, resolvendo o caso das Pontes de Königsberg com uso dos vértices e arestas da teoria dos grafos.

O estudo dessa teoria consta como matéria das principais especializações e MBAs da área, como o MBA em Projetos Logísticos da FGV (vide apostila MBA Executivo em Gestão de Projetos Logísticos), por exemplo. Além disso, é tema de grande vulto nos TCCs e teses de Doutorado em Ciências da Computação, Engenharias, Administração, e claro, logística e Supply Chain Management. **Se falamos em roteirização, passa pelos Grafos e por algoritmo.**

Marchesini (2014) ressalta que: “

... há uma lacuna teórica sobre quais são as atividades logísticas que são desenvolvidas dentro dos diferentes processos-chave de negócio da SCM...” .

Sua pesquisa de campo abordou o tema de forma interessante, e reforçou a necessidade de se ampliar as ações que cubram o vácuo existente entre o

conhecimento e a atividade. Pautado em modelos do Global Supply Chain Forum (GSCF) e o do Supply Chain Council (SCC) – SCOR, descritos por Lambert, García-Dastugue e Croxton (2005), após criterioso crivo ante aos modelos de Srivastava, Shervani e Fahey (1999), Bowersox, Closs e Stank (1999) e Mentzer (2001), todos citados na pesquisa de Marchesini (2014) devido ao fato de que modelo selecionado contempla as métricas alinhadas ao padrão EVA (Economic Value Added) e maior abrangência para refletir o SCM moderno.

De forma interessante, o artigo objetivou identificar e analisar **as atividades logísticas essenciais** para o funcionamento eficaz da SCM, verificando sua relevância e impacto na estrutura organizacional das empresas. Dessa forma, pretende-se ampliar a compreensão sobre o papel estratégico da logística e sua influência direta na eficiência dos processos de negócio (Marchesini, 2014).

Riscos e logística

Riscos também são outro tema importante nesse viés de correlacionamento da logística com áreas de conhecimento distintas. Talvez, na logística residam uma porção substancial do que se observa na gestão de riscos moderna, pelo que podemos observar. Riscos de muitas categorias recam sobre estoques, guarda de materiais e suas dinâmicas de tempo, custos, prazo de validade, qualidade, e sobre as próprias operações, inclusive catástrofes como terremotos, incêndios, inundações, etc, ou eventos como saques, furtos e roubos, acidentes, ataques cibernéticos, fraudes e desvios de materiais ou dos recursos correspondentes, subfaturamento, comércio ilegal, transporte de drogas, armas, contrabando, etc.

Significa que a logística é uma área cujas operações, pessoas, ativos e controles são sujeitos a um leque de riscos de amplo espectro, devendo assim ter na gestão de riscos uma aliada, seja no estabelecimento de frameworks que visem evitar, mitigar, eliminar, transferir, prever, etc, os riscos e definir planos de ação para eventuais fatos de impacto negativo que ocorram ou para possibilitar decisões estratégicas conforme o nível de exposição, ou conforme sejam identificados os riscos.

A identificação de riscos hoje conta com apoio de tecnologias para ampliar o espectro da percepção de ameaças e formulação de cenários, usando previsões e predições

com rapidez e acuracidade. A digitalização da logística traz enormes vantagens em várias dimensões, como na eficiência operacional, otimização de rotas e melhor controle de estoque, sendo um dos pilares da logística contemporânea. No entanto, ela também expõe sistemas a ameaças cibernéticas sofisticadas, que podem comprometer dados críticos, paralisar operações ou até gerar riscos financeiros severos.

A matriz de risco para logística é uma ferramenta essencial para identificar, avaliar e mitigar riscos em operações logísticas. Ela ajuda empresas a prever problemas e tomar medidas preventivas para garantir a continuidade das operações.

Existem diferentes abordagens para a matriz de risco na logística que podemos utilizar, como **Matriz de alocação de riscos**, utilizada em contratos para definir responsabilidades entre as partes envolvidas, a **Matriz de priorização de riscos**, que foca na identificação e classificação dos riscos mais críticos para otimizar a gestão logística, e **Gestão de riscos logísticos**, que contempla as estratégias para prevenir falhas e garantir eficiência operacional, incluindo o uso de tecnologias como Inteligência Artificial e Big Data.

A mais elementar técnica, entretanto, é a **matriz de probabilidade e impacto**, que podemos descrever como a ferramenta base para a gestão de riscos, permitindo avaliar a chance de ocorrência de um risco e a gravidade de suas consequências. Ela é amplamente utilizada em projetos para priorizar riscos e tomar decisões estratégicas, e opera com duas dimensões: **Probabilidade**, que mede a chance de um risco acontecer, podendo ser classificada em níveis como muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto. **Impacto**, que avalia as consequências do risco caso ele ocorra, podendo ser negativo (prejuízo financeiro, perda de clientes) ou positivo (novas oportunidades, redução de custos).

Matriz de Probabilidade e Impacto

Probabilidade	5	Risco médio	Risco médio	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	4	Risco baixo	Risco médio	Risco médio	Risco alto	Risco alto
	3	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio	Risco alto	Risco alto
	2	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio	Risco médio	Risco alto
	1	Risco baixo	Risco baixo	Risco baixo	Risco baixo	Risco médio
		1	2	3	4	5
		Impacto				

Trata-se de uma ferramenta visual que ajuda a identificar e priorizar riscos com base na chance de ocorrência e na gravidade das consequências, com escalas nos dois eixos e uso de cores como vermelho, amarelo e verde para categorias de riscos e seus impactos (alto, médio, baixo, por exemplo), e a exemplo da ferramenta de Kraljic, pode ser aplicada a uma ampla gama de situações.

O cruzamento entre inteligência logística e segurança digital exige abordagens estratégicas. Além de blindagens como criptografia de dados e protocolos de segurança reforçados, empresas precisam investir em monitoramento contínuo e respostas rápidas a incidentes. É um jogo de equilíbrio entre avanço tecnológico e gestão de riscos, que somente são modulados pela ação do ser humano enquanto soberano do conhecimento e da decisão.

ESG e logística

Riscos também circundam a logística em suas interações com a sociedade e meio ambiente, relações trabalhistas, inovações regulatórias, etc,

Nos anos mais recentes, entender ESG, marcos regulatórios de cunho ambiental, emissões de GEEs, o GHG protocol e suas métricas, passou a ser essencial para a tomada de decisões estratégicas que impactam as empresas, seis indicadores de sustentabilidade que se relacionam, doravante, com a eficiência operacional. Empresas que monitoram e reduzem suas emissões de gases de efeito estufa podem

otimizar rotas, melhorar a eficiência dos combustíveis e reduzir desperdícios, o que gera economia. Além disso, estar alinhado com regulamentações ambientais evita multas e garante conformidade com normas internacionais cada vez mais rígidas e restritivas.

A imagem corporativa também se fortalece com práticas sustentáveis, pois consumidores e investidores estão cada vez mais atentos ao impacto ambiental das operações de empresas, correlacionando suas marcas, nomes, identidade, com os impactos causados ao planeta. Para empresas listadas, por sinal, ESG passou a ser mais que um diferencial, mas obrigação. Há dados difusos sobre o impacto da adoção de práticas de ESG e respectivas incorporações aos demonstrativos de resultados, alguns apontando aumentos de vendas, aceitação pelo mercado e valorização de shares de até 15%. Contudo, é difícil atestar que um valuation qualquer ocorra exclusivamente por força do ESG. Assim, registra-se que o impacto é significativamente positivo, apenas, em vários aspectos.

Na logística, especialmente, avaliar corretamente as emissões de transportes permite definir metas claras de redução de carbono e contribui para relatórios de sustentabilidade. Isso influencia toda a cadeia de suprimentos, pois a escolha de fornecedores alinhados com boas práticas ESG melhora a eficiência e reduz riscos operacionais.

No GHG a fórmula **para cálculo de emissões no transporte de cargas downstream** é descrita como:

emissions from downstream transport: \sum (quantity of goods sold (tonnes) \times distance travelled in transport legs (km) \times emission factor of transport mode or vehicle type (kg CO₂ e/tonne-km))

Os cálculos propostos pelo GHG também podem contemplar formulas que capturam o consumo pela distância e o uso de energia para refrigeração e ar condicionado, que causam aumento nos volumes de emissões no transporte.

Cálculo das emissões na cadeia de distribuição / Fuel-based method (transportation)

CO2 e emissions from transportation = sum across fuel types: \sum (quantity of fuel consumed (liters) \times emission factor for the fuel (e.g., kg CO2 e/liter)) + sum across grid regions: \sum (quantity of electricity consumed (kWh) \times emission factor for electricity grid (e.g., kg CO2 e/kWh)) + sum across refrigerant and air-conditioning types: \sum (quantity of refrigerant leakage \times global warming potential for the refrigerant (e.g., kg CO2 e))

Cálculo usando dados do volume de combustível

Quantities of fuel consumed (liters) = sum across fuel types: \sum (total fuel spend (e.g., \$) average fuel price (e.g., \$/liter))

No transporte marítimo:

emissions from sea transport: = \sum (quantity of goods purchased (tonnes) \times distance travelled in transport leg \times emission factor of transport mode or vehicle type

Cálculo do total no transporte upstream:

total emissions form transport (upstream) is calculated as: = emissions from road transport + emissions from air transport + emissions from sea transport

https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Chapter4.pdf

Muitas outras fórmulas são sugeridas pelo GHG, e aplicam-se aos escopos propostos pela entidade como padrão para emissões. Tabelas de eficiência energética por operação, veículo, estágio da cadeia, escopo do approach escolhido pela organização, estão disponíveis no website do GHG Protocol. Para se beneficiar dos programas, claro, as auditorias realizadas pelas entidades acreditadas, e controles conforme os ditames do GRI e outras organizações do gênero são indispensáveis.

São muitas dimensões de conhecimento dentro da logística que estão além da operação, como se constata até aqui. As ramificações são incontáveis, uma verdadeira teia integrada ao mais profundo conceito da relação de demanda e oferta construída pela sociedade, sempre com desafios, riscos, eventos que demandam preparo e

conhecimento exímio do negócio em alto padrão. E mais: trata-se de segmento em que o acaso demonstra as áleas e riscos do negócio de forma intensa. Por isso este estudo tem foco inicial no conhecimento.

No setor logístico, eventos de impacto relevante ocorrem de última hora, e fazem da Lei de Murphy uma constante. É caso do investidor desistiu do plano depois de se contratar os serviços previstos, a nota não é providenciada a tempo, o sistema falha no momento mais crítico, a enchente atinge o armazém, um cliente troca a empresa por outro provedor, a indústria recebe os materiais da cor errada, uma greve ocorre, uma pandemia assola o mundo, faltam parafusos, o pallet não serve, a energia acaba, (...) as maritacas fazem ninho no forro do armazém e comeram os fios de energia... Nesses momentos, decisões devem ser tomadas, ações devem ser executadas, e muitas das respostas da logística aos eventos do acaso acabam tendo o poder de determinar a própria continuidade do negócio, a contratação e demissão de pessoas, até mesmo pode chegar a casos mais graves como a prisão de pessoas, processos judiciais milionários, multas e lacração de unidades, sanções gravíssimas, danos a pessoas e acidentes com óbito. Por exemplo, a carreta que se acidenta e derrama contaminantes pesados em um manancial que abastece uma cidade.

Qualidade e excelência – marcas da logística.

A área de logística é reconhecida também por estar na vanguarda de criação de procedimentos e sistemas de gestão de qualidade e segurança, certificações, padrões, e em geral tem sido um estandarte no que tange ao atendimento de padrões de qualidade com níveis acima da média. Nesse aspecto, a gestão da qualidade logística tem como objetivo assegurar que produtos e serviços atendam aos requisitos e expectativas do mercado e da organização. Para isso, todos os processos devem ser conduzidos de forma eficiente, seguindo critérios bem estabelecidos para garantir a excelência do resultado.

Esse gerenciamento envolve a definição de padrões, a mensuração do desempenho, a identificação de possíveis problemas, a implementação de melhorias e a avaliação da satisfação dos clientes. O acompanhamento dos principais KPIs logísticos é uma estratégia eficaz para monitorar e garantir a qualidade em todas as etapas da operação.

Os indicadores de performance desenvolvidos para a logística são parâmetros para as demais áreas, por conta da busca por excelência e eficiência máximas tipicamente verificada no setor, e essa busca resultou em vários tipos de métricas de fundamental importância e aplicação ampla nas operações. Abaixo, são listados indicadores, métricas e fórmulas clássicas, e também alguns itens de criação do autor:

1. Indicadores Financeiros Integrados à Logística

1.1 Custo Logístico sobre Receita = $(\text{Custo total logístico} / \text{Receita total}) \times 100$

1.2 Margem de Contribuição Logística = $\text{Receita líquida} - (\text{Custo logístico variável} + \text{Custo fixo logístico})$

1.3 ROI Logístico (Retorno sobre Investimento) = $(\text{Lucro operacional gerado pela logística} / \text{Investimento total em logística}) \times 100$

** indicador multidisciplinar que tem aplicações em um grande número de decisões estratégicas*

1.4 Ciclo Financeiro Logístico = $\text{Prazo médio de recebimento} + \text{Prazo médio de estocagem} - \text{Prazo médio de pagamento}$

** indicador de alta relevância em análises de resultados para várias finalidades*

1.5 Índice de Eficiência Logística = $[(\text{Pedidos entregues no prazo} \times \text{Precisão do pedido}) / \text{Custo logístico total}] \times 100$

2. Fórmulas Avançadas de Gestão Logística

2.1 Custo Total de Distribuição = $\text{Custo de transporte} + \text{Custo de armazenagem} + \text{Custo de manuseio} + \text{Custo de devoluções}$

** podem ser segregados por categoria de custo, como fixos e variáveis, internos e externos, etc.*

2.2 Taxa de Utilização de Frota = $(\text{Distância percorrida} \times \text{Capacidade média utilizada}) / \text{Frota total disponível}$

2.3 Eficiência de Carga = $(\text{Peso total transportado} / \text{Capacidade máxima do veículo}) \times 100$

** indicador de extrema relevância na otimização de custos e diminuição de emissões de GEEs*

2.4 Taxa de Cumprimento de Horários de Entrega = $(\text{Pedidos entregues no prazo} / \text{Total de pedidos}) \times 100$

2.5 Custo por Quilômetro Rodado = $\text{Custo total do transporte} / \text{Distância percorrida}$

3. Opções Avançadas de Uso

3.1 Análise de Sensibilidade: Simular diferentes cenários de custos logísticos e impacto na margem de lucro

3.2 Modelagem de Otimização: Utilizar algoritmos para minimizar custos logísticos sem comprometer o nível de serviço

3.3 Benchmarking Financeiro: Comparar indicadores logísticos com concorrentes para identificar oportunidades de melhoria

3.4 Automação de Custos: Implementar sistemas de ERP para rastrear os custos logísticos em tempo real

4. Fórmulas Avançadas Integradas

4.1 Rentabilidade Operacional Logística = $(\text{Lucro operacional da logística} / \text{Custo logístico total}) \times 100$

4.2 Índice de Custo Logístico sobre EBITDA = $(\text{Custo logístico total} / \text{EBITDA}) \times 100$

4.3 Custo por Tonelada Transportada = $\text{Custo total do transporte} / \text{Total de toneladas movimentadas}$

**Pode ser aplicado por período, segmento, produto, cliente, etc*

4.4 Índice de Rotação de Veículos = $(\text{Total de viagens realizadas} / \text{Frota disponível})$

4.5 Cobertura de Estoque Avançada = $(\text{Estoque médio} / \text{Consumo médio diário}) \times \text{Ciclo de recebimento de produtos}$

** Importantíssimo para análise de exposição do estoque*

4.6 Impacto do Custo de Armazenagem sobre Lucro = $(\text{Custo total de armazenagem} / \text{Lucro bruto}) \times 100$

4.7 Custo Logístico Sustentável = $\text{Custo total logístico} + (\text{Custo ambiental direto} \times \text{Taxa de emissão de carbono})$

4.8 Eficiência Energética no Transporte = $\text{Consumo total de combustível} / \text{Distância total percorrida}$

** Também pode ser aplicada por unidade, por unidade de valor, por operação, rota, etc*

5. Indicadores Integrados por Departamento

5.1 Índice de Sinergia Comercial-Logística = $(\text{Pedidos atendidos dentro do prazo} \times \text{Taxa de conversão de vendas}) / \text{Custo logístico total}$

5.2 Custo de Atendimento por Cliente = $(\text{Custo total logístico} + \text{Custo administrativo}) / \text{Número de clientes ativos}$

5.3 Eficiência de Processamento de Pedidos = $(\text{Pedidos processados corretamente} / \text{Total de pedidos}) \times 100$

6. Indicadores de Custos por Categoria

6.1 Custo Logístico por Tipo de Produto = $\text{Custo total logístico} / \text{Volume movimentado por categoria}$

6.2 Custo de Armazenagem por SKU = $\text{Custo total de armazenagem} / \text{Número de SKUs armazenados}$

6.3 Custo de Transporte por Região = $\text{Custo total de transporte} / \text{Número de entregas por região}$

7. Indicadores Correlacionados

7.1 Impacto do Giro de Estoque na Rentabilidade = $\text{Giro de estoque} \times \text{Margem de contribuição}$

7.2 Taxa de Conversão de Pedidos vs. Tempo de Entrega = $(\text{Pedidos convertidos} / \text{Pedidos totais}) \times \text{Tempo médio de entrega}$

7.3 Índice de Retorno sobre Investimento Logístico (ROI Logístico) = $(\text{Lucro operacional gerado pela logística} / \text{Investimento total em logística}) \times 100$

8. Categorizações por Operações

8.1 Eficiência de Picking e Packing por Categoria = $\text{Tempo médio de separação e embalagem} / \text{Volume movimentado por categoria}$

8.2 Taxa de Devoluções por Tipo de Produto = $(\text{Pedidos devolvidos} / \text{Total de pedidos}) \times 100$

8.3 Índice de Produtividade por Turno = $\text{Volume movimentado} / \text{Horas trabalhadas por turno}$

9. Comparações e Acoplamentos Dinâmicos

9.1 Comparação de Custos Logísticos vs. Receita por Canal de Venda

9.2 Acoplamento Dinâmico entre Capacidade de Armazém e Demanda Sazonal

9.3 Índice de Ajuste de Previsão de Demanda = $(\text{Precisão da previsão} \times \text{Tempo médio de reposição}) / \text{Custo de estoque}$

10. Previsões e Modelagem Estratégica

10.1 Modelo de Previsão de Custos Logísticos = Regressão baseada em volume de pedidos, distância de entrega e sazonalidade

10.2 Índice de Impacto da Digitalização na Logística = $(\text{Redução de erros} \times \text{Tempo médio de processamento}) / \text{Investimento em tecnologia}$

10.3 Previsão de Demanda vs. Capacidade de Produção = $(\text{Variação da demanda prevista} / \text{Capacidade produtiva disponível}) \times 100$

11. Performance Individual por Função

Esses indicadores têm grande impacto para decisões de alocação, contratação, cortes, dimensionamento de contingentes nas unidades, e também para fins de avaliação individual ou de setores.

11.1 Produtividade por Operador = Volume movimentado / Horas trabalhadas

11.2 Custo de Mão de Obra por Função = Custo total de mão de obra / Número de funcionários por categoria

11.3 Índice de Erros por Operador = (Erros operacionais / Total de operações realizadas) × 100

**- pode determinar a necessidade de treinamentos, realocação, substituição de pessoas*

12. Custos de Mão de Obra por Critérios Distintos

12.1 Custo de Mão de Obra por Turno = Custo total de mão de obra / Número de turnos ativos

12.2 Custo de Mão de Obra por Tipo de Operação = Custo total de mão de obra / Volume movimentado por operação

12.3 Custo de Mão de Obra por Região = Custo total de mão de obra / Número de funcionários por região

13. Correlação entre Localização do Armazém e Tributação, Custos e Eficiência

Esse grupo representa uma das mais elevadas formas de conhecimento avançado da logística, e os indicadores aqui descritos são determinantes de decisões de impacto substancial para o negócio, planos de longo prazo, políticas corporativas, tomada de recursos, abertura de capital, fusões e aquisições, etc.

13.1 Índice de Tributação Logística = (ICMS + PIS + Cofins + ISS) / Receita total

13.2 Custo Logístico por Localização = Custo total logístico / Distância média percorrida

13.3 Eficiência Operacional por Localização = (Pedidos atendidos no prazo / Total de pedidos) × 100

Outros indicadores, como o Consumo de combustível por km, total ou por veículo, por rota, etc, podem ser criados com base nos modelos acima. Esses indicadores podem embasar decisões por escolha de modelos de veículo para as frotas, pode ser útil na otimização de rotas, dentre outras decisões.

Esses indicadores simples contemplam boa parte dos KPIs utilizados na logística, de modo geral. É possível criarmos qualquer indicador que atenda as necessidades, desde que haja parâmetros, por exemplo: Percentual de Entregas não realizadas

(por conta de atrasos, por exemplo), tanto total de um período quanto por viagem, por cliente, operação, etc. [% = não realizadas / total X 100].

Os KPIs da logística - Desafios, obrigações e encargos que geram vantagem competitiva e reconhecimento

Segmentos de alto peso na economia, como a indústria automotiva, tendem a ser os drivers de padrões cada vez elevados e desafiadores para o nível de serviço a ser prestado pela logística, impondo aos seus provedores (tanto de bens quanto de serviços) obrigações a seus contratados, fornecedores e prestadores de serviço, estabelecendo que atuem sob os padrões de excelência absoluta criados para a máxima performance. De um lado, esses indicadores são desafios, obrigações, encargos de uma empresa (seja de logística ou de um fornecedor de materiais que tenha um setor de logística próprio). Por outro lado, uma vez que seja conquistado um contrato com indústrias desses segmentos, a profissionalização e valorização da empresa por reconhecimento do mercado é indiscutível. Vale dizer, se a empresa atende a tais setores, é porque tem níveis de excelência em suas respectivas atividades. Dessa forma, estrategicamente, tem aplicação essencial cada um dos indicadores impostos como padrão de atuação.

Nos casos desafiadores citados, níveis de serviço são materializados por meio de cláusulas contratuais não negociáveis (contratos de adesão), que envolvem desde a certificação da qualidade e compliance até a manutenção de índices liquidez de seus resultados, além de obrigações como a utilização equipamentos e sistemas preestabelecidos, que forneçam apenas produtos que atendam os níveis máximos de qualidade, que as empresas e seus fornecedores na cadeia completa possuam procedimentos internos estabelecidos que assegurem a qualidade, temporaneidade, performance, acuracidade e excelência da atividade e KPIs auditáveis, etc.

Tais segmentos também tem poder mercadológico para sujeitar os fornecedores a auditorias documentais diversas, prestação de garantias de seus produtos e serviços, abertura para inspeções obrigatórias, e até mesmo obrigam as contratadas à emissão de termos de conduta quanto aos direitos trabalhistas, ao meio ambiente, às leis e normas de segurança e de todos os possíveis requisitos administrativos aplicáveis. É o caso do complexo automotivo, aeroespacial, farmacêutico e de alta tecnologia, nos quais a logística é considerada da mais alta eficiência.

Quando as empresas de logística ou fornecedores cujos contratos com os players desses segmentos refinados envolvam logística, é justamente essa atividade que denota a ligação física, material, a operação que entrega aos compradores os bens contratados, nos prazos, quantidades e condições estabelecidas. Dentre as condições exigidas atualmente, até mesmo os veículos de entrega devem atender a padrões de emissão específicos para poder adentrar nos recintos para descarregamento, com pre-agendamento e registro dos motoristas e ajudantes. A logística, assim, é um ponto de entrosamento entre o contratante e o contratado, é a ponte entre as partes, suas veias e artérias.

Por fazer essa ligação material é que logística desenvolveu o papel vanguardista quanto aos padrões de excelência.

Nota: É de se mencionar uma informação determinante para ilustrar o teor da responsabilidade que tem a logística, algo que remonta aos anos 1900 e que ainda é plenamente vigente. **Armazéns gerais** (Decreto 1102/1903) são administrados operacionalmente por um indivíduo cujo título é o de “fiel depositário” de bens de terceiros. Sua responsabilidade é tamanha que, até pouco tempo atrás, sua atuação era uma das únicas duas exceções ao Pacto de San Jose da Costa Rica¹⁴, que obrigava os Estados signatários a vedar em seus sistemas jurídicos a prisão civil (ou seja, não criminal). O mencionado responsável, quando se torna um “depositário infiel” (que não restitui os bens de seus depositantes) podia ser preso imediatamente, e figurava junto ao caso do responsável legal que deixa de pagar pensão alimentícia imposta pela justiça, a única outra exceção, e que ainda segue vigente. Tal norma, de forma indireta, retrata os níveis de exigência para uma empresa que tenha a função de armazém geral, mantendo sob sua guarda bens de terceiros. Em essência, empresa da logística com características especiais conforme a lei, especialmente podendo emitir os “warrants” conforme legislação.

Quanto ao acervo de standards, normas de certificação, as normas ISO 9001:2015- Sistema de Gestão da qualidade, ISO 14001:2015 – Sistema de Gestão Ambiental ,

¹⁴ O Decreto no 678, de 6 de novembro de 1992, promulgou a Convenção Americana sobre Direitos Humanos (Pacto de São José da Costa Rica), de 22 de novembro de 1969, entrando em vigor, para o Brasil, em 25 de setembro de 1992, de conformidade com o disposto no segundo parágrafo de seu artigo 74; Dentre os ditames do tratado: 7. Ninguém deve ser detido por dívida. Este princípio não limita os mandados de autoridade judiciária competente expedidos em virtude de inadimplemento de obrigação alimentar.

ISO 45001:2018 - Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional ISO 28000:2007 - Sistema de Gestão de Segurança para a Cadeia Logística, são as normas de certificação mais comumente aplicadas aos players do setor logístico, e proporcionam os padrões globalmente aceitos pelo mercado e as melhores práticas de gestão que asseguram a qualidade e atendimento de standards pelas empresas, que se beneficiam tanto das pratica em si quanto da possível valorização de sua imagem corporativa.

Reflexões finais sobre a logística e seus fundamentos

Todos os temas acima listados advém de fatos que tem aplicação em operações logísticas. Evidencia-se que Logística engloba desde a entrega do lanche pelo motoentregador na residência do cliente ao acordo multinacional feito com financiamento público para construção do estaleiro que fabricará os novos cargueiros, ou um financiamento para a compra de 100 novos cavalos mecânicos e 200 novas carretas sob medida e a custo astronômico, ou mesmo ao relógio de 1 dólar que acaba de chegar da China para o comprador brasileiro.

Entre um e outro mundos, o cérebro humano e o artificial operam a logística dos números, dos controles, dos orçamentos, lucros, métricas, kpis, promovendo uma infinidade de conhecimentos distintos que permitem tanto a operação ocorrer quanto as decisões serem tomadas com sucesso. Algo que está além das contas, fórmulas, situando-se no complexo que formam as teias logísticas globais.

E assim como conclui Claude Machine no extraordinário artigo intitulado “Cinco Décadas de Logística Empresarial e Administração Da Cadeia de Suprimentos No Brasil” , publicado na Revista de Administração de Empresas, (2011), **é de se entender que a logística e as cadeias de suprimentos tornaram-se temas centrais na administração moderna, consolidando diversas áreas tradicionais como gestão de materiais, armazenamento e transportes.** Embora haja uma tendência de unificação desses conceitos ao longo das décadas, alguns estudiosos consideram que termos como "cadeia de suprimentos" são apenas variações semânticas da logística. No entanto, a logística não se limita ao transporte, englobando desde a entrada de materiais (inputs) até o transporte interno (material handling), saída (outputs) e reciclagem (reverse), dentre muitas outras etapas, diferenciando-se da simples distribuição de bens finais. Ela pede, acima de tudo, conhecimento que se constrói de maneira holística, integrada, e humana,

Nos próximos capítulos, temas de dimensões logísticas operacionais, táticas e estratégicas do nível avançado.

Mario Marcos Souto Soriano

Referências:

ALMEIDA, Luciana Barros de. Explorando o futuro da inteligência com: a inteligência artificial, os seres humanos, a aprendizagem no contexto e na experiência. *Revista Psicopedagogia*, v. 41, n. 125, maio/ago. 2024. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862024000200215 1. Acesso em: 07 maio 2025.

AMORIM, Apolo Simões; CUNHA, Rillary Lopes; SIMONETTI, Gabriele Roberto; LIMA, Orlem Pinheiro de; MADURO, Márcia Ribeiro; CORREIA FILHO, Wladimir Leite. A evolução e o impacto dos operadores logísticos na cadeia de suprimentos. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, v. 26, n. 12, ser. 6, p. 01-08, dez. 2024. ISSN 2278-487X. Disponível em: <<https://www.iosrjournals.org>>. Acesso em: 08 maio 2025.

BALLOU, Ronald H The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management Article in *European Business Review*. In www.researchgate.net/publication/235318339 July 2007 DOI: 10.1108/09555340710760152 Acesso em: 3 de maio de 2025.

BALLOU, Ronald H. *Business Logistics Management*. 5. ed. Pearson Education, 2003. (disponível em plataformas online para consulta).

CARVALHO, Nayara. A relação entre a gestão do conhecimento e a logística: fatores relevantes e novas perspectivas com base na logística 4.0. In: XIII FATECLOG – Os impactos das novas demandas pós-pandemia nos sistemas logísticos das organizações. Fatec Mauá, São Paulo, Brasil, 10 e 11 de junho de 2022. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2022/338-609-1-RV.pdf> 1. Acesso em: 06 maio 2025.

CRUZ, Daniel Silva; SILVA, Jaqueline Alves da; FERREIRA, João Pedro Porto; SANTOS, Regina Professor dos. Sistema Milk Run: aplicado à teoria dos grafos – o estudo de uma rota. In: *EnGeTec – Encontro de Engenharia e Tecnologia*, 3., 2020, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Fatec Zona Leste, 2020. Disponível em: *EnGeTec 2020*. Acesso em: 06 maio 2025.

DOMINGUES, Fabian Scholze; FONSECA, Pedro Cezar Dutra. O método estruturalista: a economia reconhece seus limites. *Nova Economia*, v. 31, n. 2, maio-ago. 2021. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/6255> 1. Acesso em: 07 maio 2025.

FARIAS, Vinicius Palmeira, and ROSA Adriano Carlos Moraes. “Logística: A Importância de Integração Entre Setores e a Valorização Do Profissional / Logistics: The Importance of Integration between Sectors and the Valorization of the Professional.” *Brazilian Journal of Development*, vol. 8, no. 3, Mar. 2022, pp. 21987 – 98, Disponível em : https://www.researchgate.net/publication/360464872_Brazilian_Journal_of_Development doi:10.34117/bjdv8n3-411.

FERIGATO, Evandro. Logística inteligente: avanços, desafios e perspectivas futuras. *Humanidades & Tecnologia (FINOM)*, São Caetano do Sul, v. 41, n. 3, p. 192, jul./set. 2023. ISSN 1809-1628. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.8225572>>. Acesso em: 07 maio 2025.

KUMRU, Mesut, and PINAR Yıldız. “Analytic Hierarchy Process Application in Selecting the Mode of Transport for a Logistics Company.” *Journal of Advanced Transportation*, vol. 48, no. 8, July 2013, pp. 974 – 99, Disponível em: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Mesut-Kumru-81546164> doi:10.1002/atr.1240. Acesso em: 3 de maio de 2025.

MACHLINE, Claude. “Cinco Décadas de Logística Empresarial e Administração Da Cadeia de Suprimentos No Brasil.” *Revista de Administração de Empresas*, vol. 51, no. 3, June 2011, pp. 227 – 31, Disponível em> <https://www.scielo.br/j/era/a/wgnpzqtKsNSnQyCycRKh65L/> doi:10.1590 /s0034- 7590 2011000300003. Acesso em : 3 de maio de 2025.

MARCHESINI, Márcia Maria Penteado e ALCÂNTARA Rosane Lúcia Chicarelli. “Proposta de Atividades Logísticas Na Gestão Da Cadeia de Suprimentos (SCM).” *Production*, vol. 24, no. 2, Aug. 2013, pp. 255 – 70, Disponível em: doi:10.1590/s0103-65132013005000053. Acesso em: 06 maio 2025.

MARTINS, Ricardo Silveira; REBECHI, Daniele; PRATI, Celso A.; CONTE, Honório. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. *Revista de Administração*

Contemporânea, v. 9, n. 1, p. 53-78, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/FVqM3j64Rb6zSVMHFbFYrjy/?format=pdf> SciELO. Acesso em: 3 de maio de 2025.

MAURICIO, João Paulo Melo. Et al. A logística dentro da organização: custos, evolução e processos logísticos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 06, Ed. 11, Vol. 13, pp. 162-181. Novembro de 2021. ISSN: 2448 0959, Link acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/evolucao-e-processos> Acesso em: 06 maio 2025.

NASCIMENTO, Sueli Aparecida; ALBUQUERQUE, Edu Silvestre de. Uma análise sobre a logística e suas interconexões com o território: os casos do Centro Logístico Industrial Aduaneiro de Ponta Grossa e do Aeroporto de Cargas dos Campos Gerais do Paraná. Terr@Plural,, 2011. Disponível em: <https://www.academia.edu/63509709/> Uma_an% C3%A1 lise_sobre_a_log%C3 %ADstic

a_e_suas_interconex%C3%B5es_com_o_territ%C3%B3rio_os_casos_do_Centro_Log%C3 %ADstico_Industrial_Aduaneiro_de_Ponta_Grossa_e_do_Aeroporto_de_Cargas_dos _Campos_Gerais_do_Paran%C3%A1_DOI_10_5212_TerraPlura 1_v_5i1_0005 1. Acesso em: 07 maio 2025.

NOGUEIRA, Márcio Melo; PONTES Edson P. O humano como fundamento tecnológico: a única possibilidade. Migalhas, 8 nov. 2023. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/396625/> o-humano-como -fundamento-tecnologico-a-unica-possibilidade 1. Acesso em: 07 maio 2025.

PÊGAS, P.H.B, FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). Aspectos tributários na cadeia de suprimentos. Rio de Janeiro: FGV, 2025. Disponível em: FGV [https://educacao-executiva.fgv.br/cursos/online/curta-media-duracao-online /aspectos-tributarios-na-cadeia-de-suprimentos-1](https://educacao-executiva.fgv.br/cursos/online/curta-media-duracao-online/aspectos-tributarios-na-cadeia-de-suprimentos-1). Acesso em: 3 maio 2025.

PIMENTA, Márcio Lopes; SILVA, Andrea Lago da; YOKOYAMA, Marcos Hideyuki. Integração entre logística e marketing: fatores críticos na perspectiva de interação e colaboração. REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre), v. 17, n. 3, dez. 2011. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/read/a /5X7LgtzNvxRQQzd bpBqpqYD/ ?format=pdf](https://www.scielo.br/j/read/a /5X7LgtzNvxRQQzd bpBqpqYD/?format=pdf) 1. Acesso em: 07 maio 2025.

PIUMBATO, Maria Cristina Hayashi I.; GUIMARÃES, José Augusto Chaves. Revistas predatórias: um inimigo a ser combatido na comunicação científica. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 21, e023003, 2023. Disponível em: scielo.br/j/rdbci/a/vDRj6bhnWBLFvGrt6jypS3m/?format=pdf Acesso em: 06 maio 2025.

ROSA, Carla Regina Mazia; STEINER, Maria Teresinha Arns; COLMENERO, João Carlos. Utilização de processo de análise hierárquica para definição estrutural e operacional de centros de distribuição: uma aplicação a uma empresa do ramo alimentício. *Gestão & Produção*, v. 22, n. 4, p. 935-950, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/DLrvWTZmx8HZPzy6FXZGTTs/?format=pdf>. Acesso em: 3 de maio de 2025.

SAÉNZ, Maria Jesús; SIMÓN, Cristina; REVILLA, Elena. Integrating AI in organizations for value creation through Human-AI teaming: A dynamic-capabilities approach. Center for Transportation and Logistics, setembro de 2024. Disponível em: <https://ctl.mit.edu/pub/paper/integrating-ai-organizations-value-creation-through-human-ai-teaming-dynamic-capabilities> 1. Acesso em: 06 maio 2025.

SANTOS, Davidson de Almeida et al. A relação entre a gestão do conhecimento e a logística: fatores relevantes e novas perspectivas com base na logística 4.0. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 11, p. 27357-27375, nov. 2019. Disponível em: https://www.academia.edu/62751465/A_rela%C3%A7%C3%A3o_entre_a_gest%C3%A3o_do_conhecimento_e_a_log%C3%ADstica_fatores_relevantes_e_novas_perspectivas_com_base_na_log%C3%ADstica_4_0 1. Acesso em: 07 maio 2025.

THIRY-CHERQUES, Hermano Roberto. O primeiro estruturalismo: método de pesquisa para as ciências da gestão. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, n. 2, jun. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/dfdCZFmr3ZynhtqspSwMTRQ/> 1. Acesso em: 07 maio 2025.

VAZ, José Carlos, LOTTA Gabriela. “A Contribuição Da Logística Integrada Às Decisões de Gestão Das Políticas Públicas No Brasil.” *Revista de Administração Pública*, vol. 45, no. 1, Feb. 2011, pp. 107 – 39, doi:10.1590/s0034-76122011000100006. Disponível em scielo.br/j/rap/a/LR88Jx5RLdWPZyvyBsDYZsk/?lang=pt&format=pdf Acesso em: 06 maio 2025.

ANEXO

PARTE 1 DO CÁLCULO

A base de tudo isso é o **Problema de Roteamento de Veículos (VRP - Vehicle Routing Problem)**, que é um clássico da Pesquisa Operacional e se apoia fortemente na Teoria dos Grafos.

1. A Base: Teoria dos Grafos

- Nós (Vértices): Cada ponto de interesse é um nó no nosso grafo. Isso inclui:
 - O depósito (ou centro de distribuição): De onde os veículos saem e para onde retornam – nó 0.
 - Cada cliente (ponto de entrega): Nós 1, 2, ..., n.
- Arestas (Arcos): As conexões (estradas, ruas) entre esses nós são as arestas. Como o caminho de A para B pode ser diferente do caminho de B para A (sentido da via, etc.), geralmente usamos um grafo

direcionado (digrafo). Cada aresta (i, j) representa a possibilidade de viajar diretamente do nó i para o nó j.

2. Os Dados e Variáveis (Onde a Mágica Acontece)

Alocando "peso" nessas arestas e características nos nós e veículos, **Conjuntos:**

- $N = \{0, 1, \dots, n\}$: Conjunto de todos os nós (depósito + clientes).
- $C = \{1, \dots, n\}$: Conjunto de nós dos clientes.
- $V = \{1, \dots, k\}$: Conjunto de veículos disponíveis.

Parâmetros (Dados de Entrada):

- d_{ij} : Distância física entre o nó i e o nó j.
- e_{ij} : Fator de Elevação na aresta (i, j). Pode ser a diferença de altitude, ou uma classificação (ex: -2=declive acentuado, -1=declive leve, 0=plano, 1=acive leve, 2=acive acentuado).
- q_i : Demanda (quantidade a ser entregue/coletada) no cliente i. $q_0 = 0$.
- Q_k : Capacidade máxima do veículo k.

- s_i : Tempo de serviço/operação no cliente i . Você mencionou "descontando meia hora", então $s_i = 0.5$ horas (ou 30 minutos) para i em C . $s_0 = 0$.
- L_{ij} : Limite de velocidade na estrada/segmento entre i e j .
- v_{base_k} : Velocidade base ou média do veículo k em condições ideais (plano, sem tráfego).
- $f_{elev}(e_{ij}, k)$: Função de Impacto da Elevação na Velocidade. Essa função calcula um fator de ajuste na velocidade do veículo k baseado na elevação e_{ij} . Por exemplo:

- Se $e_{ij} > 0$ (ativo): A velocidade diminui (fator < 1). A intensidade da diminuição pode depender de e_{ij} e das características do veículo k (potência, peso carregado no momento).
- Se $e_{ij} < 0$ (declive): A velocidade pode aumentar mas limitada pelo limite L_{ij} (fator ≥ 1).
- Se $e_{ij} = 0$ (plano): Fator = 1.

$f_{traf}(t, i, j)$: **Fator de Impacto do Tráfego**:

Estático: Um fator médio para a rota (i, j) (ex: 1.2 para indicar 20% mais tempo).

Dinâmico: Depende da hora do dia t em que o veículo passa pelo trecho (i, j) . Exige dados de tráfego em tempo real ou históricos. Para uma formulação matemática padrão, usamos uma aproximação ou um valor médio esperado.

t_{ijk} : **Tempo de Viagem Estimado** do veículo k do nó i para o nó j . Aqui juntamos tudo:

- Calcula-se a velocidade ajustada pela elevação: $v_{ajustada_elev} = v_{base_k} * f_{elev}(e_{ij}, k)$.
- Considera-se o limite de velocidade: $v_{efetiva_sem_trafego} = \min(v_{ajustada_elev}, L_{ij})$.
- Calcula-se o tempo base: $tempo_base = d_{ij} / v_{efetiva_sem_trafego}$.
- Aplica-se o fator de tráfego (simplificado): $t_{ijk} = tempo_base * f_{traf}(i, j)$ (aqui f_{traf} pode ser uma média ou depender do horário esperado de chegada em i). *Nota: Calcular t_{ijk} precisamente, especialmente com tráfego dinâmico e dependência da carga na elevação, é um subproblema complexo por si só! Muitas vezes, esses valores são pré-calculados por ferramentas de mapeamento mais sofisticadas.*

Variáveis de Decisão (O que queremos descobrir):

- x_{ijk} : Variável binária. $x_{ijk} = 1$ se o veículo k viaja diretamente do nó i para o nó j , e 0 caso contrário.
- u_{ik} : Variável auxiliar (pode ser a carga do veículo k ao chegar ao nó i , ou a ordem na rota) usada para garantir algumas restrições, como capacidade e eliminação de sub-rotas.
- T_{ik} : (Opcional, mas útil) Tempo de chegada do veículo k no nó i .

PARTE 2 SINTETIZANDO A FÓRMULA

→: a "fórmula" na verdade é um **Modelo de Otimização**. É um jeito estruturado de dizer pro computador:

- **O que você quer (Objetivo)**: Geralmente, gastar o mínimo possível (tempo, distância, dinheiro).
- **Quais são as regras do jogo (Restrições)**: Não pode carregar mais que o caminhão aguenta, tem que entregar pra todo mundo, o motorista tem hora pra voltar, etc.
- **O que ele pode decidir (Variáveis)**: Qual caminho seguir, qual cliente visitar depois de qual. Então, para "materializar" uma versão *representativa e simplificada* disso, focando nos elementos essenciais (distância, tempo implícito, capacidade, entregas), teríamos algo assim:

1. Objetivo: Minimizar a Distância Total Percorrida

Minimizar $Z = \sum$ (para todas as viagens $i \rightarrow j$ feitas por qualquer veículo k) [Distância(i, j) * UsaViagem(i, j, k)]

- Explicação: Some as distâncias de todos os trechos de rota que realmente forem usados por algum veículo.
- Distância(i, j): É a distância pra ir do ponto i até o ponto j .
- UsaViagem(i, j, k): É uma variável que vale 1 se o veículo k faz exatamente essa viagem de i para j , e 0 se não faz. É isso que o sistema deve decidir.

2. Regras do Jogo (Restrições Principais):

- **Regra A: Todo cliente tem que ser visitado UMA vez.**

3. A Formulação Matemática (Modelo de Programação Inteira Mista) -

O objetivo geralmente é **minimizar o custo total**, que pode ser uma combinação de:

- Tempo total de viagem: $\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in V} t_{ijk} * x_{ijk}$
- Distância total percorrida: $\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in V} d_{ij} * x_{ijk}$
- Número de veículos utilizados: $\sum_{k \in V} y_k$ (onde $y_k = 1$ se o veículo k for usado)
- Tempo total de operação (incluindo serviço): Minimizar a hora que o último veículo retorna ao depósito.

Vamos focar em **minimizar o tempo total de viagem e serviço**:

***Minimizar $Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N, i \neq j} \sum_{k \in V} t_{ijk} * x_{ijk} + \sum_{i \in C} \sum_{j \in N, i \neq j} \sum_{k \in V} s_i * x_{ijk}$ ***

(A segunda parte soma o tempo de serviços sempre que um veículo *chega* ao cliente vindo de j)

Sujeito a (Restrições):

Cada cliente é visitado exatamente uma vez por um veículo:

$\sum_{k \in V} \sum_{i \in N, i \neq j} x_{ijk} = 1$ para todo j em C .

Cada veículo que sai do depósito deve retornar a ele:

$\sum_{j \in C} x_{0jk} = \sum_{i \in C} x_{i0k}$ para todo k em V . (Isso também implica que se $\sum x_{0jk} = 1$, o veículo k foi usado).

Conservação de fluxo (se um veículo entra num nó de cliente, ele sai):

$\sum_{i \in N, i \neq h} x_{ihk} - \sum_{j \in N, j \neq h} x_{hjk} = 0$ para todo h em C , para todo k em V .

Restrição de Capacidade do Veículo: (Usando variáveis auxiliares u_{ik} como carga acumulada)

$u_{ik} - u_{jk} + Q_k * x_{ijk} \leq Q_k - q_j$ para todo i, j em $C, i \neq j$, para todo k em V .

$q_i \leq u_{ik} \leq Q_k$ para todo i em C , para todo k em V .

(Esta é uma forma (MTZ) de eliminar sub-rotas e garantir capacidade. Existem outras formulações como as de cortes).

Restrições de Tempo (se houver janelas de tempo ou duração máxima da rota):

- Se incluirmos T_{ik} (tempo de chegada): $T_{ik} + (s_i + t_{ijk}) * x_{ijk} - M * (1 - x_{ijk}) \leq T_{jk}$ para todo i, j em $N, i \neq j$, para todo k em V . (Onde M é um número grande; garante que a restrição só é ativa se $x_{ijk}=1$).
- $HoraInicio_i \leq T_{ik} \leq HoraFim_i$ (Se houver janelas de tempo no cliente i).
- $T_{0k_saida} + \sum_{i,j} (t_{ijk} + s_i) * x_{ijk} \leq duracaoMaximaRota_k$ (Duração máxima da rota k).

▪ \sum (para todos os veículos k e todos os pontos de origem i) [UsaViagem(i, j, k)] = 1 (Para cada cliente j)

Explicação: Para cada cliente j , se você somar todas as possíveis viagens que chegam nele (não importa de onde venham ou com qual veículo), o total tem que ser exatamente 1.

• **Regra B: Se um caminhão entra num cliente, ele tem que sair (exceto depósito).**

▪ \sum (Viagens de k chegando em h) - \sum (Viagens de k saindo de h) = 0 (Para cada cliente h , para cada veículo k)

Explicação: O fluxo tem que ser contínuo para cada veículo dentro da rota.

• **Regra C: Respeitar a capacidade do caminhão.**

• (Carga acumulada ao sair de j) = (Carga acumulada ao chegar em i) + (Demanda do cliente j) ... **sujeito a** Carga acumulada \leq CapacidadeMáxima(k)

Explicação: A ideia é que a soma das demandas dos clientes na rota de um

veículo k não pode ultrapassar a capacidade $CapacidadeMáxima(k)$ daquele veículo.
Existem formulações matemáticas específicas para isso

Regra D: Caminhões saem e voltam pro depósito (ponto 0).

$\sum (Viagens\ saindo\ do\ depósito\ 0\ por\ k) \leq 1$ (Cada veículo k faz no máximo uma rota)

$\sum (Viagens\ saindo\ do\ depósito\ 0\ por\ k) = \sum (Viagens\ chegando\ no\ depósito\ 0\ por\ k)$ (Se saiu, tem que voltar) **Regra E: Variáveis de Decisão são Binárias.**

$UsaViagem(i, j, k)$ só pode ser 0 ou 1. (Ou faz a viagem ou não faz).

os outros elementos:

- Veículos Diferentes: A capacidade $CapacidadeMáxima(k)$ seria diferente para cada k . Se a velocidade base muda, isso afetaria o cálculo do tempo de viagem.
- Active/Declive, Limites de Velocidade, Tráfego: Tudo isso entra no cálculo do custo de usar uma aresta (i, j) . Se o objetivo fosse minimizar tempo, esses fatores seriam cruciais para calcular o Tempo (i, j, k) (tempo para veículo k ir de i a j), que substituiria Distância (i, j) no Objetivo. Se o objetivo é distância, esses fatores podem influenciar quais rotas são viáveis dentro de um limite de tempo (que seria outra restrição).
- Meia Hora por Operação: Isso adiciona tempo ao total da rota. Se o objetivo é minimizar tempo, ele entra direto na conta. Se há uma restrição de tempo máximo da rota (ex: jornada do motorista), esse tempo de serviço conta contra esse limite. $TempoTotalRota(k) = \sum TempoViagem(i, j, k) + \sum (0.5 * NumeroDeClientesNaRota(k))$ e $TempoTotalRota(k) \leq LimiteDeTempo$.

Então: A "fórmula materializada" é esse conjunto de equações e inequações (o modelo). Ele captura a essência: minimize um custo (distância/tempo) obedecendo às regras (capacidade, entregas, etc.) ao decidir quais viagens (UsaViagem) fazer. Essa estrutura é a base. Sistemas reais usam versões muito mais elaboradas, com mais restrições (janelas de tempo, compatibilidade veículo/cliente, etc.) e usam algoritmos sofisticados para encontrar os valores de UsaViagem (i, j, k) que satisfazem tudo isso da melhor forma possível.

PARTE 3 – REVISAR E MELHORAR

1. A Base: Teoria dos Grafos

- Nós (Vértices): Cada ponto de interesse é um nó no nosso grafo. Isso inclui: O depósito (ou centro de distribuição): De onde os veículos saem e para onde retornam. Vamos chamar de nó 0. Cada cliente (ponto de entrega): Nós 1, 2, ..., n .
 - Arestas (Arcos): As conexões (estradas, ruas) entre esses nós são as arestas. Como o caminho de A para B pode ser diferente do caminho de B para A (sentido da via, etc.), geralmente usamos um grafo direcionado (dígrafo). Cada aresta (i, j) representa a possibilidade de viajar diretamente do nó i para o nó j .
2. Os Dados e Variáveis -, adicionamos o "peso" nessas arestas e características nos nós e veículos, incorporando variáveis:

• Conjuntos:

- $N = \{0, 1, \dots, n\}$: Conjunto de todos os nós (depósito + clientes).
- $C = \{1, \dots, n\}$: Conjunto de nós dos clientes.
- $V = \{1, \dots, k\}$: Conjunto de veículos disponíveis.

• Parâmetros (Dados de Entrada):

- d_{ij} : Distância física entre o nó i e o nó j .
- e_{ij} : Fator de Elevação na aresta (i, j) . Pode ser a diferença de altitude, ou uma classificação (ex: -2=declive acentuado, -1=declive leve, 0=plano, 1=active leve, 2=active acentuado).
- q_i : Demanda (quantidade a ser entregue/coletada) no cliente i . $q_0 = 0$.
- k : Capacidade máxima do veículo k .
- s_i : Tempo de serviço/operação no cliente i . "descontando meia hora", então $s_i = 0.5$ horas (ou 30 minutos) para i em C . $s_0 = 0$.
- L_{ij} : Limite de velocidade na estrada/segmento entre i e j .
- v_{base_k} : Velocidade base ou média do veículo k em condições ideais (plano, sem tráfego).
- $f_{elev}(e_{ij}, k)$: Função de Impacto da Elevação na Velocidade. Essa função calcula um fator de ajuste na velocidade do veículo k baseado na elevação e_{ij} . Por exemplo:
Se $e_{ij} > 0$ (active): A velocidade diminui (fator < 1). A intensidade da diminuição pode depender de e_{ij} e das características do veículo k (potência, peso carregado no momento).
Se $e_{ij} < 0$ (declive): A velocidade pode aumentar um pouco, mas limitada pela segurança e pelo limite L_{ij} (fator ≥ 1).
- Se $e_{ij} = 0$ (plano): Fator = 1.

○ $f_{traf}(t, i, j)$: Fator de Impacto do Tráfego Pode ser: -

- Estático: Um fator médio para a rota (i, j) (ex: 1.2 para indicar 20% mais tempo).

- Dinâmico: Depende da hora do dia t em que o veículo passa pelo trecho (i, j) . Exige dados de tráfego em tempo real ou históricos. Para uma formulação matemática padrão, usamos uma aproximação ou um valor médio esperado.

○ t_{ijk} : Tempo de Viagem Estimado do veículo k do nó i para o nó j . Aqui juntamos tudo:

- Calcula-se a velocidade ajustada pela elevação: $v_{ajustada_elev} = v_{base_k} * f_{elev}(e_{ij}, k)$.
- Considera-se o limite de velocidade: $v_{efetiva_sem_trafego} = \min(v_{ajustada_elev}, L_{ij})$.
- Calcula-se o tempo base: $tempo_base = d_{ij} / v_{efetiva_sem_trafego}$.
- Aplica-se o fator de tráfego (simplificado): $t_{ijk} = tempo_base * f_{traf}(i, j)$ (aqui f_{traf} pode ser uma média ou depender do horário esperado de chegada em i). *Nota: Calcular t_{ijk} precisamente, especialmente com tráfego dinâmico e dependência da carga na elevação,*

• Variáveis de Decisão (O que queremos descobrir):

- x_{ijk} : Variável binária. $x_{ijk} = 1$ se o veículo k viaja direto do nó i para o nó j , e 0 caso contrário.
- u_{ik} : Variável auxiliar (pode ser a carga do veículo k ao chegar no nó i , ou a ordem na rota) usada para garantir algumas restrições, como capacidade e eliminação de sub-rotas.
- T_{ik} : (Opcional, mas útil) Tempo de chegada do veículo k no nó i .

3. A Formulação Matemática (Modelo de Programação Inteira Mista) - O objetivo geralmente é minimizar o custo total, que pode ser uma combinação de:

- Tempo total de viagem: $\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in V} t_{ijk} * x_{ijk}$
- Distância total percorrida: $\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in V} d_{ij} * x_{ijk}$
- Número de veículos utilizados: $\sum_{k \in V} y_k$ (onde $y_k = 1$ se o veículo k for usado)
- Tempo total de operação (incluindo serviço): Minimizar a hora que o último veículo retorna ao depósito.

→ minimizar o tempo total de viagem e serviço:

*Minimizar $Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N, i \neq j} \sum_{k \in V} t_{ijk} * x_{ijk} + \sum_{i \in C} \sum_{j \in N, i \neq j} \sum_{k \in V} s_i * x_{ijk}$
* (A segunda parte soma o tempo de serviços sempre que um veículo chega ao cliente i vindo de j)

Sujeito a (Restrições):

- 1. Cada cliente é visitado exatamente uma vez por um veículo:
 $\sum_{k \in V} \sum_{i \in N, i \neq j} x_{ijk} = 1$ para todo j em C .

2. Cada veículo que sai do depósito deve retornar a ele:

$$\sum_{\{j \text{ in } C\}} x_{\{0jk\}} = \sum_{\{i \text{ in } C\}} x_{\{i0k\}} \text{ para todo } k \text{ in } V.$$

(Isso também implica que se $\sum x_{\{0jk\}} = 1$, o veículo k foi usado).

Conservação de fluxo (se um veículo entra num nó de cliente, ele sai):

$$\sum_{\{i \text{ in } N, i \neq h\}} x_{\{ihk\}} - \sum_{\{j \text{ in } N, j \neq h\}} x_{\{hjk\}} = 0 \text{ para } h \text{ em } C, \text{ para todo } k \text{ in } V.$$

Restrição de Capacidade do Veículo: (Usando variáveis auxiliares u_{ik} como carga acumulada)

- $u_{ik} - u_{jk} + Q_k * x_{\{ijk\}} \leq Q_k - q_j$ para todo i, j em $C, i \neq j$, para todo k in V .
- $q_i \leq u_{ik} \leq Q_k$ para todo i em C , para todo k in V .
(Esta é uma forma (MTZ) de eliminar sub-rotas e garantir capacidade. Existem outras formulações como as de cortes).

Restrições de Tempo (se houver janelas de tempo ou duração máxima da rota):

- Se incluímos T_{ik} (tempo de chegada): $T_{ik} + (s_i + t_{ijk}) * x_{ijk} - M * (1 - x_{ijk}) \leq T_{jk}$ para todo i, j em $N, i \neq j$, para todo k in V . (Onde M é um número grande; garante que a restrição só é ativa se $x_{ijk}=1$).

HoraInicio_i <= T_ik <= HoraFim_i (Se houver janelas de tempo no cliente i).

$$T_{0k_saida} + \sum_{\{i,j\}} (t_{ijk} + s_i) * x_{ijk} \leq DuracaoMaximaRota_k \text{ (Duração máxima da rota } k).$$

Complexidades Adicionais e Solução

Cálculo de t_{ijk} : - \rightarrow calcular t_{ijk} incorporando dinamicamente a carga do veículo (que afeta a performance em acíves) e o tráfego em tempo real dentro do modelo de otimização o torna extremamente complexo (não-linear, estocástico). A abordagem mais comum é pré-calcular os t_{ijk} da forma mais realista possível usando ferramentas externas ou simulações, e então alimentar esses valores como parâmetros fixos no modelo VRP. NP-Hard: \rightarrow O VRP é um problema NP-difícil. Isso significa que encontrar a solução ótima garantida pode levar um tempo computacional gigantesco para problemas de tamanho realista.

Solução:

○ Exata: Para instâncias pequenas, softwares solvers (CPLEX, Gurobi, SCIP) podem encontrar a solução ótima usando Branch and Bound/Cut.

○ Heurísticas e Metaheurísticas: Para instâncias maiores (o mais comum na prática), usam-se algoritmos que buscam soluções boas (próximas do ótimo) em tempo razoável. Exemplos: Algoritmos de Vizinhança Variável (VNS), Busca Tabu (Tabu Search), Algoritmos Genéticos (GA), Simulated Annealing, Colônia de Formigas (ACO).

PARTE 4 - Novos itens para o Modelo de Roteirização:

2. Emissões de GHG (ESG):

Como entra: Principalmente na Função Objetivo ou como uma Restrição.

Dados Necessários:

- EF_k : Fator de Emissão do veículo k (ex: kg CO₂e / litro de combustível, ou kg CO₂e / km). Esses dados vêm de fontes como o GHG Protocol, NTM (para fretes), tabelas de órgãos ambientais, ou dados específicos do fabricante / transportadora. Varia por tipo de combustível e tecnologia do veículo.
- $Consumo_{ijk}$: Consumo de combustível estimado do veículo k para percorrer a aresta (i, j) . Isso é chave!

Cálculo do Consumo (Consumo_{ijk}): !

ConsumoBase_k: Consumo base do veículo k (litros/km em condição ideal).

FatorActiveDeclive(angulo_{ij}, carga_k): Um fator que aumenta (>1) ou diminui (<1) o consumo baseado no ângulo de inclinação (angulo_{ij}) da rota (i, j) e potencialmente na carga (carga_k) que o veículo k está levando *naquele trecho*. Conseguir dados precisos de angulo_{ij} (de mapas topográficos digitais, APIs de rota) e modelar o impacto da carga é um refinamento avançado.

$$Consumo_{ijk} = Distancia_{ij} * ConsumoBase_k * FatorActiveDeclive(...)$$

Emissão na Aresta:

$$Emissao_{ijk} = Consumo_{ijk} * EF_k$$

Opção 1 (Minimizar Emissões): Minimizar $Z_{GHG} = \sum (i, j, k) | Emissao_{ijk} * x_{ijk}$

Opção 2 (Restrição de Emissões): $\{i, j, k\} | Emissao_{ijk} * x_{ijk} \leq LimiteTotalEmissao$

Opção 3 (Multi-objetivo): Minimizar uma combinação ponderada de Custo/Tempo Emissões. Minimizar $Z = w1 * CustoTempo + w2 * Z_{GHG}$ (onde $w1$ e $w2$ são pesos).

3. Análise de Utilização da Capacidade:

Como entra: Geralmente como uma Métrica de Análise (KPI) calculada *depois* de achar a rota ótima, mas pode influenciar o objetivo. Cálculo (pós-otimização): Para cada trecho (i, j) usado na rota do veículo k (onde $x_{ijk} = 1$): CargaNoTrecho_{ijk}: Calcular a carga do veículo k ao sair do nó i em direção a j . Isso usa as variáveis u_{ik} (carga na chegada em i) e a demanda q_i : CargaNoTrecho_{ijk} = $u_{ik} - q_i$ (assumindo entrega em i). Utilizacao_{ijk} = $(CargaNoTrecho_{ijk} / CapacidadeMaxima_k) * 100\%$

4. Restrições de Janela de Tempo do Cliente:

- Como entra: Como Restrições adicionais. * Dados Necessários: Para cada cliente i que tem restrição: * InicioJanela_i: Horário mais cedo que se pode chegar/iniciar serviço.
- **FimJanela_i**: Horário mais tarde deve chegar/terminar serviço.
- Variáveis Necessárias: T_{ik} - Tempo de chegada do veículo k no nó i .

No Modelo (Restrições):

- $T_{ik} \geq InicioJanela_i$ (Garante chegada não antes do permitido)
- $T_{ik} + TempoServico_i \leq FimJanela_i$ (Garante que o serviço termine antes do limite - mais robusto que só a chegada).
- Lembrar da restrição que propaga o tempo: $(T_{ik} + TempoServico_i + TempoViagem_{ijk}) * x_{ijk} - M * (1 - x_{ijk}) \leq T_{jk}$ (O tempo de chegada em j depende de quando saiu de i e do tempo de viagem/serviço).

Resumindo a Fórmula

```

Minimizar Z = { w1 *
Σ(Distancia_ij * x_ijk) +
// Custo Distância
w2*Σ(TempoViagem_ijk*x_ijk+Te
mpoServico_i*Σ_j_x_ijk)+ // Custo
Tempo
w3 * Σ(Emissao_ijk *
x_ijk) } // Custo Emissões

// Onde w1, w2, w3 → pesos / prioridade
Sujeito a:
// Restrições Básicas (VRP Clássico)
Σ (k, i) x_ijk = 1
// Cada cliente visitado uma vez
Σ (i) x_ihk - Σ (j) x_hjk = 0
// Fluxo do veículo no cliente h
Σ (j) x_0jk <= 1
// Cada veículo sai no máximo uma vez
Σ (j) x_0jk = Σ (i) x_i0k
// Veículo que sai, volta
u_ik - u_jk + Q_k * x_ijk <= Q_k - q_j // Capacidade (formulação MTZ)

```

```

q_i <= u_ik <= Q_k // Limites da carga auxiliar
T_ik >= InicioJanela_i // Janela de tempo - Início
T_ik + TempoServico_i <= FimJanela_i // Janela de tempo - Fim
(T_ik + s_i + t_ijk) * x_ijk - M*(1-x_ijk) <= T_jk // Propagação do Tempo

// (Opcional: Restrição de Emissão Total, se não estiver no objetivo)
// Σ (i, j, k) [ Emissao_ijk * x_ijk ] <= LimiteTotalEmissao
// Domínio das Variáveis
x_ijk ∈ {0, 1}
u_ik >= 0
T_ik >= 0

```

E a Análise de Utilização: Calculada a partir da solução ótima (x_{ijk} , u_{ik} encontrados) para gerar relatórios e KPIs por trecho, por viagem, por cliente. O desafio maior: Coleta de Dados: Conseguir dados confiáveis de emissão, consumo por inclinação/carga, ângulos de vias, janelas de tempo. Modelagem do Consumo/Emissão: Criar funções FatorActiveDeclive e Emissao_ijk que sejam realistas.

- Poder Computacional: Modelos mais complexos exigem mais tempo/capacidade de processamento ou heurísticas ainda mais inteligentes para resolver.

ALGORITMO PYTHON

```

from pulp import LpProblem, LpVariable, LpMinimize
# Criando o problema de otimização
problema = LpProblem("Roteirizacao_de_Veiculos", LpMinimize)
# Variáveis de decisão
x_ijk = { (i, j, k): LpVariable(f"x_{i}_{j}_{k}", 0, 1, cat="Binary") for i in clientes for j in clientes for k in veiculos }
u_ik = { (i, k): LpVariable(f"u_{i}_{k}", 0, Q_k, cat="Continuous") for i in clientes for k in veiculos }
T_ik = { (i, k): LpVariable(f"T_{i}_{k}", 0, None, cat="Continuous") for i in clientes for k in veiculos }
# Função objetivo: Minimizar custo total (distância, tempo e emissões)
problema += (
    w1 * sum(Distancia_ij[i, j] * x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in clientes for k in veiculos) +
    w2 * sum((TempoViagem_ijk[i, j, k] * x_ijk[i, j, k] + TempoServico_ij[i, j] * sum(x_ijk[j, i, k] for j in clientes)) for i in clientes for k in veiculos) +
    w3 * sum(Emissao_ijk[i, j, k] * x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in clientes for k in veiculos)
)
# Restrições básicas
for k in veiculos:
    problema += sum(x_ijk[i, j, k] for i in clientes for j in clientes) <= 1
# Cada cliente visitado uma vez
problema += sum(x_ijk[i, h, k] - x_ijk[h, j, k] for h in clientes) == 0
# Fluxo de veículos

```

VBA

```

Sub RoteirizacaoVeiculos()
    Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer
    Dim w1 As Double, w2 As Double, w3 As Double
    Dim custoDistancia As Double, custoTempo As Double,
    custoEmissao As Double
    Dim clientes As Integer, veiculos As Integer
    ' Definição dos pesos
    w1 = 1 ' Peso distância
    w2 = 1 ' Peso tempo
    w3 = 1 ' Peso emissões
    ' Número de clientes e veículos (exemplo)
    clientes = 5
    veiculos = 3
    ' Inicialização do custo total
    Dim Z As Double
    Z = 0
    ' Simulação de cálculo dos custos (baseado na planilha)
    For k = 1 To veiculos

```

```

problema += sum(x_ijk[0, j, k] for j in clientes) <= 1 # Cada veículo sai no máximo uma vez
problema += sum(x_ijk[0, j, k] for j in clientes) == sum(x_ijk[i, 0, k] for i in clientes) # Veículo retorna ao depósito

# Restrição de capacidade
for i in clientes:
    for k in veiculos:
        problema += u_ik[i, k] - u_ik[j, k] + Q_k * x_ijk[i, j, k] <= Q_k - q_j[i]
# Capacidade MTZ
problema += q_i[i] <= u_ik[i, k] <= Q_k # Limites da carga auxiliar
# Janela de tempo
for i in clientes:
    for k in veiculos:
        problema += T_ik[i, k] >= InicioJanela[i] # Início janela de tempo
        problema += T_ik[i, k] + TempoServico[i] <= FimJanela[i] # Fim da janela de tempo
        problema += (T_ik[i, k] + TempoServico[i] + TempoViagem_ijk[i, j, k]) * x_ijk[i, j, k] - M*(1 - x_ijk[i, j, k]) <= T_ik[j, k] # Propagação do tempo
# Resolvendo o problema
problema.solve()
# Exibir resultado
for i in clientes:
    for j in clientes:
        for k in veiculos:
            if x_ijk[i, j, k].varValue == 1:
                print(f"Veículo {k} viaja de {i} para {j}")

```

```

For i = 1 To clientes
    For j = 1 To clientes
        ' Pegando os valores das células (presume-se que haja uma matriz de distâncias na planilha)
        custoDistancia = Cells(i, j).Value
        custoTempo = Cells(i, j + clientes).Value
        custoEmissao = Cells(i, j + (2 * clientes)).Value
        ' Somando os custos ponderados
        Z = Z + (w1 * custoDistancia) + (w2 * custoTempo) + (w3 * custoEmissao)
    Next j
Next i
Next k
' Exibir resultado
MsgBox "Custo total da roteirização: " & Z, vbInformation, "Resultado"
End Sub

```

