



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS



CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 2

PROJETO DE GERAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO DO
MODAL METROFERROVIÁRIO EM SÃO PAULO

SOBRE O AUTOR

Marcos Roberto Buri - Possui graduação em Administração de Empresas - Faculdades Integradas Campo Salles (1996). Com especialização em Engenharia de Produção (2002) - Universidade São Judas Tadeu e Mestrado em Engenharia de Mecânica - Universidade de Taubaté (2006). Atualmente é professor convidado das Faculdades Flamingo e professor do Centro Paula Souza - Fatec Ferraz de Vasconcelos. Pesquisador e autor do projeto de crédito de carbono do modal metroferroviário em São Paulo. Auditor líder da qualidade e escritor. Atua como consultor de produtividade e qualidade em empresas de pequeno e médio porte desenvolvendo projetos de melhoria de processos e cursos de treinamento empresarial. Tem 30 anos experiência na área de Administração de operações atuando principalmente nos seguintes temas: Cadeia de Suprimentos, Manufatura Enxuta, Qualidade, ISO9001:2015, Crédito de Carbono e Planejamento Estratégico.



PROJETO DE GERAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO DO MODAL METROFERROVIÁRIO EM SÃO PAULO

INTRODUÇÃO

O século XXI tem como característica principal grandes mudanças dentre elas destaca-se até o momento a revolução 4.0, a pandemia do Corona Vírus e o aquecimento global. A falta de preocupação com o meio ambiente de nossas gerações passadas teve como consequência o aquecimento global com origem comprovada pela crescente emissão de CO₂ na atmosfera desde das últimas décadas. Nosso planeta está no seu limite é já temos um aumento da temperatura média 0,6 °C durante o século XX, temos estudos que apontam para um aumento de pelo menos 1,5°C para este século, este ano tivemos uma das maiores enchentes dos últimos 40 anos na cidade de São Paulo. Nas grandes cidades temos um sistema de transporte público que gera crédito de carbono através da retirada de automóveis das ruas, e esses créditos deveriam ser aplicados na melhoria da qualidade de serviços. ¹ Segundo Ballesterio-Alvarez (2001), a qualidade de serviços,

¹Como muitos outros problemas sociais, a mudança do clima está diretamente relacionada à queima de óleo, carvão e gás. O carbono fóssil está sendo retirado do solo, passando por câmaras de combustão e



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

nos dias atuais, não é um luxo ou um modismo fadado ao fracasso. No mundo competitivo e globalizado em que vivemos, é uma condição única e imprescindível para que as empresas do sistema metro ferroviário, de qualquer porte, possam sobreviver e manter-se no mercado, atuando com níveis de lucratividade e aceitação mínimas para a população de classes mais baixas que tanto depende do sistema de transporte público. A escolha do tema justifica-se por sua relevância em todos os processos de geração de crédito de carbono, seja em produzir ou servir. A transparência é um fator determinante para o sucesso ou fracasso de um projeto de crédito de carbono do sistema metro ferroviário. Sua boa aplicabilidade depende do domínio das suas ferramentas de tecnologia de informação e do trabalho em grupo de várias organizações. A gestão ambiental faz parte de um contexto dinâmico, transformador e que surge da necessidade de sobrevivência das sociedades num ambiente contemporâneo altamente consciente do seu papel para preservação do meio ambiente para nossas gerações futuras. Na primeira etapa, foi realizada uma **pesquisa descritiva bibliográfica**. Para isso, foram utilizados livros, artigos e manuais específicos, que serviram como **referencial teórico** para entender o **mercado de crédito de carbono (voluntário e regulado)**, o **desenvolvimento sustentável** e os **métodos de cálculo de crédito de carbono no Brasil**. A teoria foi crucial para dar credibilidade e justificar a pesquisa. Apesar de Yin (2005)

sendo transferido para um ciclo cada vez mais rápido no ar, oceanos, vegetação e solo. Muito desse carbono permanece na atmosfera sob a forma de dióxido de carbono, prendendo muito do calor do sol, aquecendo a terra e desestabilizando o clima. (...) os milhões de anos que as plantas levaram para extrair o carbono da atmosfera e formar os depósitos de carvão, óleo e gás estão sendo queimados em menos de dois séculos (LOHMANN, 2006, p.5).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

apontar que não existe uma estratégia de pesquisa "perfeita", o método escolhido foi o **estudo de caso**. Isso ocorreu porque o estudo de caso se alinha a três condições específicas: lidar com muitas variáveis de interesse em relação aos pontos de dados, usar múltiplas fontes de evidência para convergência de dados e se beneficiar de proposições teóricas para guiar a coleta e análise de dados. O estudo de caso descreve a metodologia de gestão de projetos para padronização de dados, baseada em La cruz (2014), utilizada na geração de crédito de carbono regulado no sistema metroferroviário da linha "Diamante" da Via Mobilidade, em São Paulo. Na segunda fase final, foi utilizada uma **análise indutiva** para explorar as possibilidades de **geração de crédito de carbono** por meio de **tecnologias digitais e inovações tecnológicas**. Essa análise busca contribuir para a melhoria e padronização dos processos do **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. A fase final consiste na **apresentação de uma proposta de projeto para certificação de créditos de carbono**, com base no **MDL**. Essa proposta é direcionada à sociedade e ao terceiro setor, com a intenção de que, se aprovada, possa ser implementada em cidades no Brasil ou no exterior. O objetivo geral deste trabalho é propor uma alternativa de **geração e certificação** dos créditos de carbono para o Brasil e em especial para o estado de São Paulo, por meio de um projeto que utiliza ferramentas de tecnologia de informação, rastreamento via satélite e inteligência artificial para geração e certificação de créditos de carbono. O texto por fim estabelece um modelo inovador de certificação de carbono adaptado para organizações metroferroviárias, visando aprimorar seus papéis social, econômico e ambiental. Este



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

modelo se foca na geração de créditos de carbono através do transporte de passageiros, se diferencia dos estudos atuais de mercado por sua ligação direta com a melhoria da renda per capita e redução do consumo de energia.

Tecnologia da informação e logística de transporte de passageiros sobre trilhos

O desenvolvimento tecnológico ampliou as possibilidades e oportunidades de atuação no rastreamento via satélite da frota de veículos e na logística de transporte de passageiros e de carga. Destaca-se ainda o emprego de inteligência artificial para o cruzamento de informações entre diversos bancos de dados com o objetivo de gerar novo negócios, uma vez que ao adotá-la para gerar créditos de carbono pode se com tudo alcançar seus um objetivo nobre a estas tecnologias demonstrando preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade, tornando ações nesse sentido uma fonte de lucratividade direta e indireta para a sociedade no mundo todo.² Neste artigo, aborda-se a importância do uso tecnologia de informação para emissão de crédito de carbono sem a interferência humana, e também se apresentam questões com relação à sinergia entre tecnologia da informação, marketing e logística de transporte de passageiros, demonstrando o vínculo entre as diferentes matérias, quando se trata de

² Nas últimas décadas, o acesso à informação teve grande ampliação, atingindo um universo de pessoas jamais imaginado, devido à evolução e disponibilização de dados sobre o processo logístico. Atualmente, a ideia de cadeia logística reversa ultrapassa fronteiras como o tempo, distância e espaço. (Figueira, 2017, pag. 247)



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

emissão de crédito de carbono em larga escala. Destaca-se que as práticas de novas tecnologias em relação à gestão da informação não abrangem apenas aos aspectos físicos e lógicos, mas também envolvem orientações de como utilizar as informações como fontes norteadoras de decisões nas empresas, governos e sociedade como um todo, que contribuirão para a melhoria dos resultados em termos de qualidade de vida. Atualmente, com a globalização e os problemas de aquecimento global, as organizações estão-se deparando com o surgimento de novos paradigmas, cada vez mais voltados aos seus processos de negócios e à emissão CO₂, estando esta direcionada para as necessidades específicas de clientes, sejam eles internos ou externos. O Usuário está mais exigente e, para que uma empresa de transporte possa sobreviver e crescer nestes tempos, ela tem de incorporar mudanças e criar novas soluções que gerem mais valor à sociedade. Por meio de soluções que estejam sempre agregando valor ao negócio, por esse motivo é fundamental a adoção de um sistema de gestão de emissão de crédito de carbono. E é justamente nesse contexto que emergem os sistemas da tecnologia da informação, como é o caso do sistema de rastreamento via satélite, que é um subconjunto do ERP Planejamento de Recursos Empresariais. A implementação de rastreamento via satélite dos veículos dos passageiros tem como motivação vários fatores, tais como fator ecológico, legal, econômico e imagem corporativa. Desse modo, leva-se em consideração a conscientização sobre a importância de diminuir os impactos ambientais; o cumprimento do que dispõe a legislação vigente, que pode representar melhoria de qualidade do serviço de transporte e influenciar positivamente na



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

lucratividade; e a reputação da empresa na sociedade, por realizar práticas consideradas como sustentáveis (Rosa, Rosa, & Redivo, 2015).³ Essas informações passaram a ser interessantes para todas as empresas de transporte de passageiros, que começaram a considerar o compartilhamento e análise de maneira cruzada demonstrado na figura 1, ou seja: **“É o conceito de Data Mining** (garimpagem de dados) que objetiva melhorar o uso desses gigantescos arsenais de informação através da identificação de padrões de correlação normalmente invisíveis em análises convencionais.” (Barbieri, 2001, p. 5).⁴ Inaugurou-se uma fonte de informações que poderiam contribuir para o aprimoramento dos produtos. O Data Mining (DM) possibilita o acesso descentralizado e atualmente é utilizado como base para certificação dos dados que formarão os bancos de dados individuais para emissão do crédito de carbono. Os dados do DM são gerenciados por um departamento ou área específica, fora do país por causa de aspectos ligados ao “Compliance”⁵ do sistema, sendo normalmente modelado em um esquema estrela, conforme as necessidades das empresas do

³ *Um Data Warehouse apresenta normalmente informações sobre assuntos de negócio da empresa por um período histórico de no mínimo três anos, podendo em alguns casos chegar até aos primeiros anos de informação, pois seu objetivo é determinar padrões de comportamento, indicadores de crescimento por tempo, etc. (Machado 2006, pag.46)*

⁴ *A primeira, Business Intelligence, representa a habilidade de se estruturar, acessar e explorar informações, normalmente guardadas em DW; DM (Data Warehouse, Data Marts), com o objetivo de desenvolver percepções, entendimentos, conhecimentos, os quais podem produzir um melhor processo de tomada de decisão. (Barbieri, 2001 pag.5)*

⁵ *“Compliance é um conjunto de regras, padrões, procedimentos éticos e legais que, uma vez definido e implantado, será a linha mestra que orientará o comportamento da instituição no mercado em que atua, bem como as atitudes de seus funcionários; um instrumento capaz de controlar o risco de imagem e o risco legal, os chamados risco de compliance, a que se sujeitam as instituições no curso de suas atividades”. (CANDELORO 2012 pag.30)*



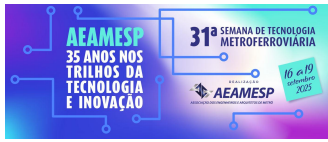
31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Sistema metro ferroviário. Sua utilização possibilita um rápido retorno e preciso, assegurando um maior envolvimento de diversos setores da área de transporte, que poderá avaliar os benefícios em investir nesse processo. Com o emprego da tecnologia TMS Sistema de Gerenciamento de Transporte ou Sistema de Gestão de Transporte e Logística, é um software para melhoria da qualidade e produtividade de todo o processo de transporte de passageiros. Este sistema permite controlar toda a operação e gestão de transportes de pessoas de forma integrada. Identifica-se a possibilidade para setor metro ferroviário de cumprir a sua missão de forma plena⁶, e garantir que cada vez mais pessoas possam aderir ao sistema de transporte público. Com junção dessas tecnologias chega-se ao processo ilustrado na figura 1, com isso pode-se através do emprego da inteligência artificial (IA)⁷ a emissão automática e de forma segura de créditos de carbono de forma remota, ou seja não havendo a necessidade de estar no local ou “país” para a sua geração, pois os bancos de dados podem ser auditados de forma separada e através de

⁶ Ballou (2001, p. 21) comenta que “a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa”. Uma organização tem de se preocupar com a realização de todas as atividades que envolvem a sua missão de logística, buscando sempre a satisfação do cliente, que é seu principal alvo e sustentáculo um mercado competitivo

⁷ Customizar: Mas a maior parte das companhias precisará customizar os modelos por meio da sintonia fina com seus próprios dados para que estes se tornem amplamente usáveis e valiosos. Isto permitirá que os modelos suportem tarefas específicas por toda a empresa. O efeito será um aumento da eficácia da companhia com o uso da IA para destravar novas fronteiras de performance – elevando as capacidades da mão de obra, encantando os clientes, introduzindo novos modelos de negócio e reforçando a capacidade de resposta a sinais de mudança. ACCENTURE 2023



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

protocolo de segurança garantir a transparência e confiança no sistema evitando assim crise no mercado de crédito de carbono.

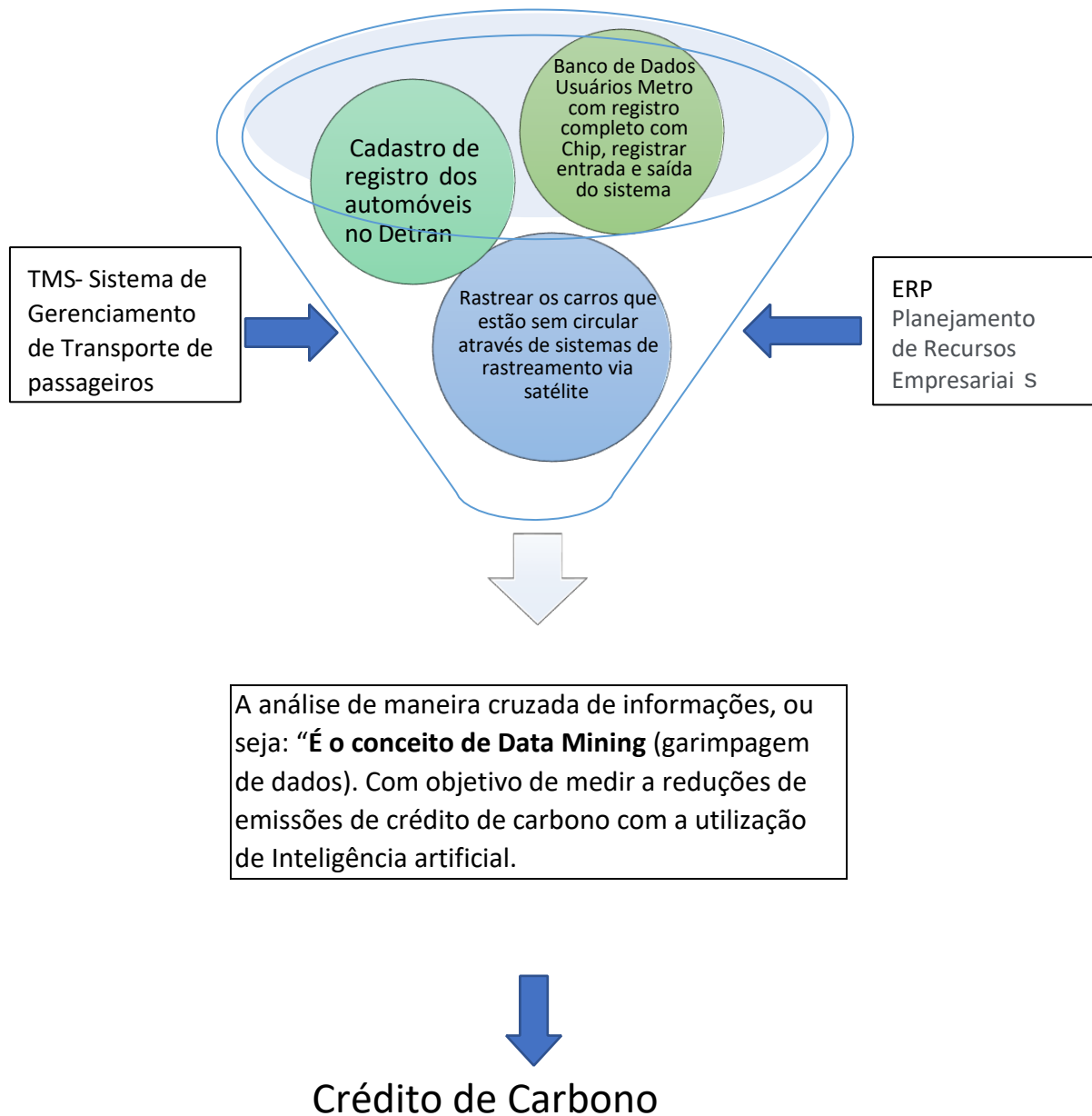


Figura 1 Projeto Sistema de emissão Crédito de Carbono 2021
Fonte: Autor 2021



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Mercado de Crédito de Carbono

O protocolo de Kyoto⁸ criou o mercado de créditos de carbono, que tem como função principal gerar um sistema ou mecanismo que visa a diminuição na emissão de gases poluentes, principalmente CO₂, por meio de certificados emitidos pela ONU que poderiam ser negociados entre uma entidade e empresas poluidoras. Os países que assinaram o protocolo concordam em assumir compromissos de reduzir as emissões de gases que afetam o efeito estufa. No protocolo, os agentes definem que a redução dessas emissões passar a ter valor econômico estabelecido e negociados no mercado. Dentro dessa metodologia destaca-se o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). O MDL permite que projetos nos setores energético, de **transporte** e florestal certifiquem reduções das emissões e comercializem esses certificados com países que tenham assumido metas dentro do protocolo. Nesse aspecto o sistema de transporte Metro ferroviário pode participar de mercado de créditos de carbono, desde que demonstre de forma transparente e confiável a redução das suas emissões de CO₂ através do MDL. Define-se assim que a emissão de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) passou a corresponder a um crédito de carbono. Parte desse mercado regulado⁹

⁸ Os mecanismos mercadológicos do Protocolo de Quioto também reivindicam a contribuição para o desenvolvimento sustentável (...) propomos que a igualdade no contexto da nova economia de carbono compreende três elementos: igualdade no acesso, igualdade e legitimidade nas decisões, e igualdade nos resultados. Esses três somente serão alcançados se instrumentos como os mecanismos negociais de Quioto tiverem por princípio a sustentabilidade (BROWN e CORBERA, 2003, p.45).

⁹ A “nova economia do carbono” representa um mercado emergente nas emissões de carbono, unindo a série de instrumentos políticos desenvolvidos para reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE’s) através da



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

pelo protocolo de Kyoto, existem ainda mercados voluntários, no qual empresas, ONGs, instituições, governos ou mesmo cidadãos tomam a iniciativa de reduzir as emissões voluntariamente. O REDD+ (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal ou, em inglês, *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), por exemplo, é um instrumento que tem como origem esses mercados voluntários. Foi lançado na COP9 em Milão com foco em créditos de carbono ligado ao reflorestamento. Além dos mercados voluntários, há fundos voluntários, como o “Forest Carbon Partnership Facility”, do Banco Mundial, e o Fundo Amazônia. No Brasil, o mercado de créditos de carbono vem se desenvolvendo de forma lenta mas consistente, o país vive uma crise de confiança e transparência com relação aos seus procedimentos ligados ao meio ambiente o país necessita de projetos que abordam o descarte adequado de resíduos sólidos, como lixo urbano, dejetos de suinocultura, abastecimento de usinas termelétricas com biomassa (casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, etc.) e substituição do automóvel pelo transporte público de qualidade. Pois o automóvel vem se tornando o maior emissor de CO₂ correspondendo com mais de 70% das emissões nos últimos anos. No que tange ao mercado de crédito de carbono, a expectativa do mercado financeiro e ambiental é que o Brasil está perdendo milhares de Euros todos os anos por falta de organização e transparência em seus processos de emissões. Isso

criação de mercados de carbono com os mecanismos flexíveis do Protocolo de Quioto (BROWN e CORBERA, 2003, p.41).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

poderia significar, em 2021, a entrada positiva no Produto Interno Bruto nacional da ordem de pelo menos 100 milhões de Euros. Num momento de crise econômica em virtude ocasionada pela Pandemia de Coronavírus, poderia ser uma alternativa para que o setor Metro ferroviário possa investir em melhoria de qualidade do sistema e depois em projeto de ampliação do transporte de passageiros sobre trilhos.

Poluição no Transporte: Um Panorama Histórico e Atual

O transporte, seja de pessoas ou mercadorias, sempre esteve intrinsecamente ligado à **poluição** e a questão de crescimento econômico, **aumento de renda per capita** . Historicamente, mesmo com a tração animal, as cidades enfrentavam problemas como o excesso de dejetos. Atualmente, o **transporte motorizado à combustão** é o principal responsável pela poluição nos grandes centros urbanos, devido à queima de combustíveis fósseis. A poluição veicular pode ser classificada de acordo com a abrangência de seus impactos:

Poluentes Locais: Causam danos na área imediata do transporte. Exemplos incluem **ruído** e **fuligem** expelida pelos escapamentos, que se acumulam nas ruas e fachadas. Poluentes que se deslocam por correntes de ar, como gases que causam **chuva ácida** e o **smog** (névoa densa por alta concentração de ozônio), também se encaixam nesta categoria.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Poluentes Globais: São gases lançados na atmosfera que afetam todo o planeta, contribuindo para o **aquecimento global**. O principal poluente aqui é o **dióxido de carbono (CO₂)**, que também serve como referência para outros Gases de Efeito Estufa (GEE).

Emissões de CO₂ pelo Setor de Transporte

O setor de **transporte** é um contribuinte significativo para as emissões globais de **dióxido de carbono (CO₂)**, um dos principais gases do efeito estufa, respondendo por cerca de 20% do total mundial. No Brasil, essa porcentagem é menor, cerca de **9% das emissões totais de CO₂**, com as queimadas sendo a principal fonte, representando mais de 70%. Considerando que mais de 80% da população brasileira vive em **áreas urbanas**, a maior parte das emissões veiculares de carbono está concentrada nesses centros. A participação de cada modalidade de transporte nessas emissões urbanas, ou a **matriz modal de emissões**, é influenciada por diversos fatores. Entre eles, destacam-se a composição da matriz modal de deslocamentos de uma cidade – especialmente a prevalência do **transporte individual motorizado, que é o mais poluente** – e a distância média das viagens. Quanto maiores as distâncias percorridas, maior a quantidade de gases de efeito estufa (GEE) liberados na atmosfera.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Emissões relativas de CO₂ do transporte urbano – matriz modal de emissões CO₂

Modalidade	Emissões quilométricas KgCO ₂ /Km	Ocupação média veicular passageiros	Emissões/ Pass. km Kg CO ₂ / pass. km ¹	Índice emissão (metrô=1)	Distribuição Modal viagens motorizadas ²	Ext. igual ¹ Distribuição Modal Emissões	Ext. TP=2xTI ¹ Distribuição Modal Emissões
Metrô	3,16	900	0,0035	1,0	4%	0,2%	0,4%
Ônibus	1,28	80	0,0160	4,6	60%	15,7%	27,2%
Automóvel ²	0,19	1,50	0,1268	36,1	32%	66,5%	57,4%
Motocicleta	0,07	1,00	0,0711	20,3	3%	3,5%	3,0%
Veículos pesados	1,28	1,50	0,8533	243,0	1%	14,0%	12,1%
Total					100%	100%	100,0%

Elaboração do autor.

Notas: ¹ Emissões considerando-se a extensão das viagens iguais (ext. igual) e extensão da viagens de transporte público duas vezes maior que a individual (Ext. TP=2xTI).

² Valores médios das pesquisas de origem e destino das capitais selecionadas.

FIGURA 2 Emissões relativas de CO₂ do transporte urbano – matriz modal de emissões CO₂ Fonte: CARVALHO, 2011 pag. 125

Se a mesma pessoa optasse pelo transporte de trem/metro teria uma emissão de 105kg, a diferença em crédito de carbono seria 369,60kg-10,5kg= **359,1 kg**. A escolha do site se deve a ser o mais conservador nas suas estimativas dos números de emissões de CO₂.

Poluentes dentro da Grandes cidades

O transporte motorizado, especialmente aquele que queima combustíveis fósseis, é uma fonte significativa de poluentes locais que afetam as áreas urbanas. Esses poluentes, como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), materiais particulados (MP), óxidos de nitrogênio (NOx) e óxidos de enxofre (SOx), são prejudiciais



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

à saúde e ao meio ambiente. De acordo com Carvalho 2021 pag. 121, as medições da CETESB servem como referência para centros urbanos brasileiros, onde as emissões veiculares são um fator poluente ainda mais relevante em comparação com as emissões industriais em outras capitais. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), em 2024, a concentração de materiais particulados O₃ como monóxido de carbono e hidrocarbonetos foram impactados principalmente por veículos de ciclo Otto (automóveis e motocicletas).

Ozônio (O ₃)						
Máxima média móvel de 8h						NU
Anos	Boa 0 - 100 µg/m³	Moderada >100 - 130 µg/m³	Ruim >130 - 160 µg/m³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m³	Péssima >200 µg/m³	
RMSP	2020	84,99%	10,97%	3,29%	0,75%	52
	2021	86,20%	11,16%	2,22%	0,42%	41
	2022	88,50%	9,70%	1,50%	0,30%	35
	2023	84,89%	11,28%	3,25%	0,52%	57
	2024	82,50%	12,64%	3,94%	0,87%	65

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8 horas (até 2021 = 140 µg/m³, a partir de 2022 = 130 µg/m³). No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base: Todas as estações fixas com representatividade anual.

Figura 3 Análise Ozônio (O₃) Fonte: Cetesb, 2024 pag. 94¹⁰

O ozônio não é emitido por nenhuma fonte de poluição do ar. Ele se forma na atmosfera sob a ação da radiação solar incidente em poluentes emitidos principalmente na **queima**

¹⁰ A RMSP apresenta um alto potencial de formação de ozônio, uma vez que há grande quantidade de emissão de seus precursores, principalmente de origem veicular. Porém, a maior ou menor frequência de ocorrência desse poluente está relacionada, sobretudo, às variações das condições meteorológicas. Além disso, em razão das complexas interações químicas e meteorológicas envolvidas nas reações atmosféricas de formação e transporte do ozônio, não é possível observar uma tendência na concentração desse poluente ao longo dos anos. **CETESB 2024**



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

de combustíveis, tanto pelas indústrias como pelos veículos. Material carbonáceo é uma substância rica em carbono em virtude desse motivo foi efetuado uma análise em destaque desse componente como seguir. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) tem um alto potencial para a **formação de ozônio**, devido à grande emissão de seus **precursores, majoritariamente de veículos**. Ao analisar a tabela no período em questão percebe-se que a melhorar da qualidade do ar coincide com o período da pandemia de Covid 19 em São Paulo aonde teve como impacto a redução da movimentação de veículos de área metropolitana na cidade. Com retorno das atividades econômicas dentro da cidade a partir de 2022 temos o agravamento com anotação de dias com índices de qualidade péssima. Esses dados provam que o projeto de créditos de carbono que retira veículos de circulação com a utilização do modal metroferroviário colabora com a melhoria da qualidade do AR da região metropolitana de São Paulo. Em suma, a pandemia de COVID-19 ofereceu um "laboratório" natural para observar o impacto da redução do tráfego na poluição do ar. Houve uma melhora inicial e localizada em poluentes específicos (como NO₂ e CO) devido à menor circulação de veículos. No entanto, essa melhora foi parcial e temporária, e em muitos momentos, foi ofuscada por outros fatores, como o aumento das queimadas e condições climáticas desfavoráveis, impedindo uma melhoria mais ampla e duradoura da qualidade do ar em São Paulo.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Processo de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Os mercados de carbono, incluindo aqueles que possibilitam a transação de créditos de forma internacional, estão em operação principalmente desde 2005, com o início do MDL, e, gradualmente, com o surgimento das iniciativas voluntárias. O Protocolo de Quioto, estava desatualizado em virtude dessa situação houve uma discussão internacional e se direcionou-se ao estabelecimento de um novo Acordo, para entrada em vigor a partir de 2020. Isso aconteceu com a assinatura do Acordo de Paris em 2015 (Silva, 2025) e posterior ratificação em 2016 (UN, 2016) reafirmando o compromisso das nações pelo combate à mudança global do clima. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi o principal representante desse esforço, possibilitando que países com metas estabelecidas investissem em países signatários do Protocolo, notadamente países em desenvolvimento ou menos desenvolvidos. Dentro do mecanismo, esse investimento seria realizado através da transação de certificados de redução de emissão, também conhecidos como créditos de carbono. **Como resultado, foi estabelecido** um mercado internacional de **carbono** com o **objetivo** de **atingir as metas estabelecidas no acordo** (GODOY e SAES, 2015). Ao longo dos anos, estudos foram **realizados para** avaliar o **comportamento** dos mercados de **crédito** de **CO₂**, principalmente **relacionados** ao MDL (GODOY, 2009; BOSI, CANTOR e SPORS, 2010; NEUHOFF e VASA, 2011, **2012**, BHATIA, **2012**; GODOY e SAES, 2015) e, em menor escala, **mercados voluntários** (COBERA, ESTRADA e BROWN, 2009; **BISORE, 2012**) e SHISHLOV, S.; BELLASSEN (2012).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

De acordo com (Lopes, 2002 pag.90) a elaboração do **Documento de Concepção do Projeto (DCP)** é a primeira etapa do MDL com a elaboração do ciclo do projeto de geração de créditos de carbono. Todas as informações necessárias para validação/registro, monitoramento, verificação e certificação deverão estar contemplados. Esse documento deverá incluir, entre outras coisas, a descrição:

- a) das atividades de projeto;
- b) dos participantes da atividade de projeto;
- c) da metodologia da linha de base;
- d) das metodologias para cálculo da redução de emissões de gases de efeito estufa e para o estabelecimento dos limites da atividade de projeto e das fugas;
- e) do plano de monitoramento.

Deve conter, ainda, a definição do período de obtenção de créditos, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, o relatório de impactos ambientais, os comentários dos atores e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento. Os participantes do projeto são os responsáveis pela elaboração do **DCP** para poderem participar das chamadas de seleção de projetos junto ao BNDES, conforme tabela em anexo.



Figura 4 Etapas do Processo de Certificação de Créditos de Carbono (MDL). Lopes (2002)

Para atendimento ao acordo de Paris (redução das emissões de CO₂ com origem da queima de combustíveis fósseis e alterações no uso do solo), cada país, estabeleceu por meio da NDCs Contribuição Nacionalmente determinada, apresentou a sua proposta para redução dos GEE, com análise de viabilidade de cada governo.

No Brasil, em 22 de abril de 2016, o Senado Federal aprovou a assinatura do acordo posteriormente ratificado pela Presidência, em 12 de setembro do mesmo ano – promulgando-o em junho de 2017. A data-limite para que os outros países ratificassem o acordo era abril de 2017 – quando os EUA deixaram de participar. A principal crítica ao Acordo de Paris ocorreu nível de comprometimento baixo com NDCs, uma vez que não existem sanções ou punições para países que não cumprirem as metas acordadas



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Resultados e discussão

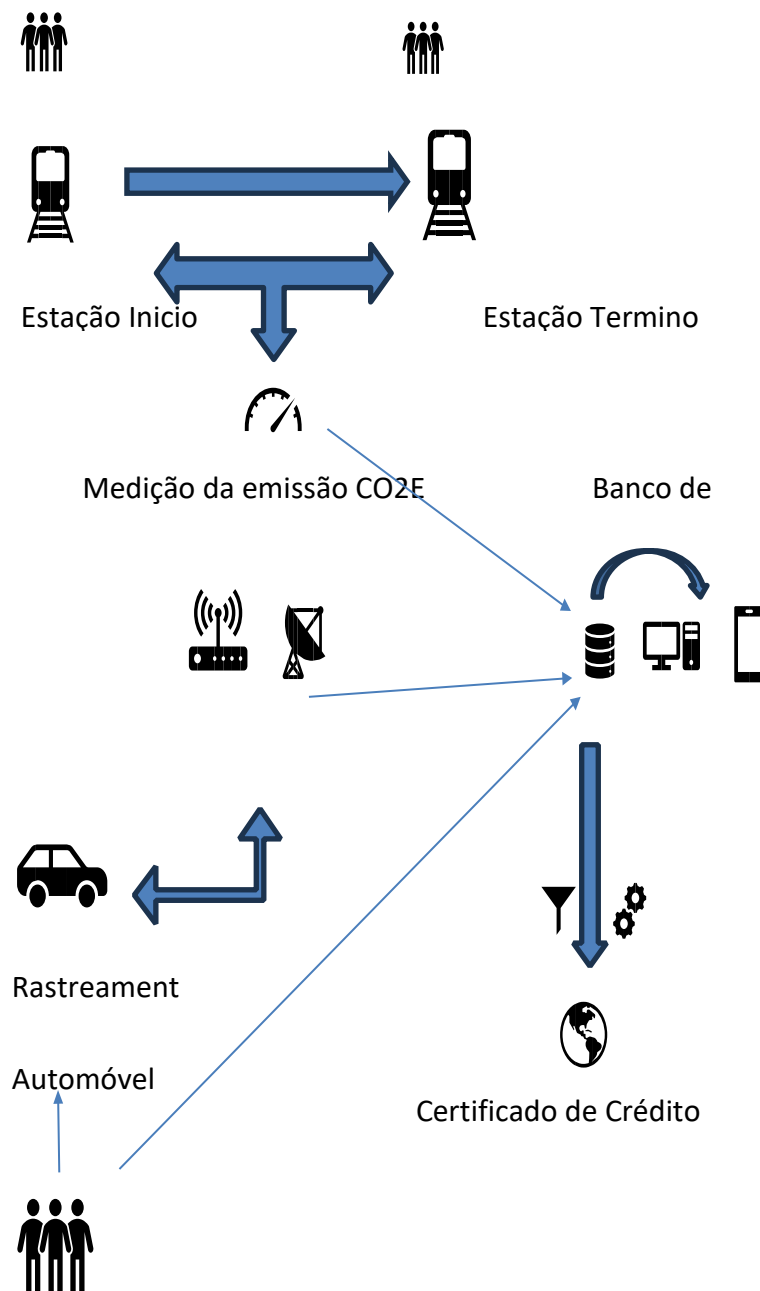
O processo proposto na figura 3 abaixo está baseado no cruzamento de informações de três bancos de dados distintos: Bancos de dados do Usuários do Metro do Bilhete único, Cadastro de registro de automóveis no Departamento de trânsito e Sistema de rastreamento via satélite dos carros que estão sem circular. Com exemplo um carro menos poluente Flex 1.0 a 1,4 que circula em média 50 km por dia. De acordo com os cálculos da tabela 2 por Mês teríamos emitido 369,60 kg de CO₂ transportando uma (01) pessoa.

Premissas

- Adesão voluntária dos usuários “Verdes” para compartilhamento dessas informações
- Alteração o Sistema de cartão do Usuários do Metro e CPTM, desenvolvimento de cartão com chip, nesse projeto os usuários terão que registrar a data de entrada e saída
- O programa seria oferecido ao usuário o cadastramento do seu automóvel para colocação de um chip na placa do automóvel com desconto no sistema de rastreamento via satélite e no IPVA.
- Dessa forma poderíamos medir com 100% de confiabilidade a economia de emissão de carbono através do cruzamento das informações

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Os Usuários que não tem carro poderíamos calcular a redução comparada com ônibus
- A emissão teria que seguir regras rígidas de **Compliance** sendo emitidos de forma remota pela **ONU** de acordo com o protocolo de Kyoto





31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Figura 5: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) 2024, Fonte: Autor 2024

Estimativa inicial do Potencial econômico do crédito de Carbono do sistema metro ferroviário

Estimativa diária de transporte em 2023 teve uma variação +8,9% em relação ao mesmo no período 2022 com 53 milhões pessoas por mês no sistema CPTM/Metro.

Considerando que 5% dos usuários fizessem adesão ao sistema na IDA e VOLTA

$(4.300.000 + 5.300.000) / 2 * 0,05 * 359,1\text{kg} * 12 \text{ meses} = 1.034.208 \text{ Toneladas}$ num cenário pessimista estimativas em 2019 Fonte: MEIER (2020)

Valor da cotação do Crédito de carbono € 70,17 Euros datam cotação fechamento 10/07/2025, mercado futuro regulado Fonte: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>

€\$ 72.570.375,36 Euros em crédito de carbono

Mercados de oportunidade

- Processo de Inspeção Veicular: certificação de oficinas nas concessionárias e incentivos a pequenas oficinas para oferecimento desse serviço, ou seja geração de empregos
- Sistema de rastreamento via satélite convênio com as empresas de rastreamento para descontos dos serviços de rastreamento
- Junção entre Cartão de Bilhete único e os cartões bancários com a colocação de chip
- Redução dos preços combustíveis em virtude da queda de consumo, e consequente queda da inflação e melhoria da qualidade de vida.

O banco de dados de geração de créditos de carbono do modal metro ferroviário é um processo baseado no cruzamento de informações de três bancos de dados públicos e privados distintos: Bancos de dados do Usuários do Metro do Bilhete único, Cadastro de



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

registro de automóveis no Departamento de trânsito e Sistema de rastreamento via satélite dos carros que estão sem circular. Conforme o Anexo “Fluxograma de Garimpagem de dados de Geração de crédito de carbono do modal metro ferroviário”

O projeto de geração de créditos de carbono com banco de dados de cruzamento de informações tem como base desenvolver um processo já com o manual de qualidade do sistema de gestão que será “Certificado” de acordo com normas de qualidade ISO¹¹. Portanto passível de avaliação e auditoria pelos órgãos internacionais e por consequentemente buscar mercados de créditos de Carbono “Regulados” pelo mundo que tem maior valor agregado em relação ao Mercado de Carbono Voluntário. Isso se deve sobretudo pela aplicação da **abordagem de processo**¹² no sistema metro ferroviário que é base no processo de “Certificação” de qualidade. Ao analisar o processo, verificou-se a possibilidade de padronização e rastreabilidade de todas as variáveis de entrada no processo de geração de crédito de carbono e consequentemente a garantia de um crédito com transparência e rastreabilidade de sua origem. De acordo com PALADINI (2002) e PALADINI (2004) a NBR ISO 9001:2015 aplicação da abordagem de processo em um sistema da qualidade proporciona:

¹¹ **Standards** As normas ISO (Organização Internacional de Normalização) são padrões internacionais que estabelecem requisitos e diretrizes para diversos setores, visando aprimorar a qualidade, segurança e eficiência de produtos, serviços e sistemas de gestão. <https://www.iso.org/standards.html>

¹² A abordagem de processo envolve a definição e a gestão sistemática de processos para alcançar os resultados pretendidos de acordo com a política da qualidade e com o direcionamento estratégico da organização. A gestão dos processos e do sistema como um todo pode ser conseguida usando o ciclo PDCA (NBR ISO 9001:2015).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- a) entendimento e consistência no atendimento a requisitos;
- b) a consideração de processos em termos de valor agregado;
- c) o atingimento de desempenho eficaz de processo;
- d) melhoria de processos baseada na avaliação de dados e informação.

Essas características da abordagem de processo estabelecem um fator inovador na análise de viabilidade de risco para posterior desenvolvimento do projeto do banco de dados de geração de crédito de carbono no sistema metroferroviário, pois possibilita o desenvolvimento de créditos de carbono para o Inédito mercado Regulado no Brasil NBR ISO 9001:2015 assim define a base desse projeto¹³ com a definição de abordagem de processo. Desta forma o projeto de geração de créditos de carbono em banco de dados de cruzamento para sistema metro ferroviário, inova com a possibilidade de replicação desse modelo entre outros lugares ocasionando uma situação de “Padronização” do processo de geração de créditos de carbono em outras cidades pelo mundo. Outra vantagem seria pela possibilidade pela comparação de projetos e com isso haveria a potencialização do ciclo de melhoria continua baseado do ciclo de PDCA¹⁴.

¹³ Na qualidade de projeto a análise realizada refere-se à maneira como os requisitos do mercado são atendidos pelas especificações do projeto. Deste modo, o conceito de qualidade de projeto está associado à definição da faixa de mercado que o produto ou serviço pretende atender, o nível de satisfação que se pretende oferecer e o valor. Geralmente, maior qualidade de projeto ocasiona custos mais elevados de produção. Promover melhorias no projeto, de forma a elaborar produtos e serviços bons e baratos, é uma ação que tem impacto de grande alcance, de modo a prover ganhos consistentes para as empresas que as produzirem (Depexe, 2006).

¹⁴ O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, é uma ferramenta de gestão utilizada para a melhoria contínua de processos. Ele envolve quatro etapas: Planejar (Plan), Fazer (Do), Verificar (Check)

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 5 Modelo de Certificação de créditos de carbono MDL do sistema metro ferroviário em São Paulo Fonte: Autor (2022)

Validação e Aprovação

O processo de certificação são a validação e a aprovação por órgão internacionais de inspeção através de uma metodologia de CEP controle estatístico de processo por variáveis. A validação compreende o processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma Entidade Operacional Designada (EOD) que neste caso seria algum no certificador de qualidade como a SGS ou Brtuv que são de origem Europeia, no tocante aos requisitos de MDL, com base no DCP. Já a aprovação é o processo pelo qual a Autoridade Nacional Designada (AND) que atualmente é exercida pelo BNDES das partes envolvidas confirma a participação voluntária e a AND do país

e agir (Act). O objetivo principal é identificar problemas, implementar soluções e monitorar os resultados de forma iterativa, buscando a otimização constante. <https://deming.org/explore/pdsa/>



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

onde são implementadas as atividades de projeto atesta que tal atividade contribui para o seu desenvolvimento sustentável

Registro

Sendo aprovado pelo BNDES, o projeto passa para a fase de registro, que constitui a aceitação formal, pelo Conselho Executivo, o projeto será validado como atividade de projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo pelo prazo de 3 anos, para coincidir com prazo de Certificação das Normas ISO. O registro é o pré-requisito para verificação, certificação e emissão dos Certificados de créditos de carbono relativos à atividade de projeto do MDL.

Monitoramento

O monitoramento inclui o recolhimento e o armazenamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, serão de acordo com a metodologia estabelecida na NBR ISO 27001:2022¹⁵ e dentro do período de obtenção de créditos que será efetuada a cada 6 meses. O monitoramento será realizado pelo comitê de gerenciamento de crédito de carbono.

Verificação

A verificação será efetuada pelo processo de auditoria interna e externa estabelecido pelos planos de auditoria de certificação e acompanhamento das normas NBR ISO

¹⁵ A NBR ISO/IEC 27001 é uma norma internacional que estabelece os requisitos para a implementação, manutenção e melhoria contínua de um Sistema de Gestão de Segurança da Informação (SGSI).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

9001:2015, NBR ISO 45001:2018, NBR ISO 14001:2018 que compõem o sistema de gestão integrado (SGI)¹⁶ e NBR ISO 27001:2022 com relatórios efetuados pelos órgãos certificadores. Para validar os cálculos acerca da redução de emissões de CO2 o Comitê Executivo por meio do Relatórios de auditoria (RA) terão evidências documentais sobre a eficácia do projeto. Esse processo é feito com o intuito de verificar, a redução de emissões que efetivamente ocorreu em um período a cada 90 dias. Desta forma cada crédito será objeto de avaliação de duas auditorias internas e externas antes da emissão.

Emissão

Os certificados de créditos de carbono são emitidos pelo Conselho Executivo pelo processamento em lote (a cada 6 Meses), garantindo assim todos os princípios de transparência e rastreabilidade do processo de certificação sejam atendidos por meio de auditorias externas e internas.

Conforme a modelo abaixo estão da frente do certificado constando os dados do emitente e com o peso em Kg de CO2E e o mais importante o período de geração dos créditos.

¹⁶ Um Sistema de Gestão Integrada (SGI) é uma abordagem que unifica diferentes sistemas de gestão dentro de uma organização, como qualidade (ISO 9001), meio ambiente (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (ISO 45001), em um único sistema. O objetivo é otimizar processos, aumentar a eficiência e promover a melhoria contínua.



Figura 6 Frente do Certificado de Crédito de Carbono, Autor 2023

No verso do certificado abaixo está a rastreabilidade de todas a viagens efetuadas pelo usuário com data e trajeto efetuado e o respectivo peso de crédito de carbono no mercado “Regulado”, pois atende os requisitos de rastreabilidade



Figura 7 Verso do Certificado de Crédito de Carbono, Autor 2023

Benefícios e Inovações do Modelo

A utilização de sistemas metroferroviários nas empresas estudadas geraria um retorno estimado de €72,57 milhões de euros à sociedade em termos de benefícios sociais, econômicos e qualidade de vida. Isso inclui a redução de congestionamentos e



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

acidentes, a diminuição da emissão de **1.034.208 Toneladas** de CO₂ e a consequente melhoria da qualidade do ar e redução de custos com saúde.

O projeto se destaca pela: **Processo de auditoria e certificação** com uso de banco de dados digital, incentivando a participação ativa do usuário para priorizar o transporte coletivo. **Padronização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**, impulsionando a regulamentação do mercado de crédito de carbono em cidades como São Paulo. **Possibilidade de comércio de crédito de carbono** entre pares (Gerador-Comprador). Utilização de **Inteligência Artificial (IA)** e Machine Learning para gestão da venda dos créditos em tempo real, garantindo segurança e transparência. Digitalização dos créditos de carbono para resolver impasses em discussões globais como as COPs, permitindo transações automatizadas e flexíveis

Impacto e Desafios

Atualmente, o mercado brasileiro de crédito de carbono carece de regulação, o que impede sua valorização. Este modelo, com seus certificados digitais de carbono, visa agregar valor e ser aceito em mercados mais exigentes, como a Zona do Euro, com transações seguras e protegidas pela Lei de Proteção de Dados. O artigo ressalta que as organizações metroferroviárias estão perdendo milhões de euros anualmente pela falta de um sistema de cruzamento de informações para emissão de crédito de carbono com o uso de inteligência artificial. A implementação de sistemas adequados, como o TMS



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

(Sistema de Gestão de Transportes), é crucial para a evolução e crescimento dessas organizações.

Conclusão

Atualmente, as organizações do Modal metro ferroviário necessitam de um modelo de certificação de carbono mais adaptado para atender as suas necessidades, para assegurar ao mesmo tempo seu papel social, econômico e ambiental e abranger outras questões, como os benefícios e as responsabilidades com a vida em sociedade. O uso dos sistemas metro ferroviários nas três empresas estudadas permitem a devolução de €\$ 72,57 Milhões de euros segundo estimativas dos estudos de casos, à sociedade em termos de retornos sociais, econômicos e qualidade de vida com, com a retirada de ônibus e carros nas ruas, na redução emissão de poluentes na atmosfera e em custos com acidentes de automóvel. Foi demonstrado que existe uma oportunidade de estabelecer um processo de emissão de crédito de carbono de maneira a atender às necessidades das empresas que buscam manter a competitividade em um mercado cada vez mais exigente por qualidade de serviços de transporte de passageiros.

Atualmente, as organizações públicas precisam se organizar e cooperar para não somente atender as suas necessidades, mas também assegurar a excelência na qualidade em serviços públicos, ao mesmo tempo em que devem cumprir seu papel social, ao abranger outras questões, como a sustentabilidade e a preservação ambiental. É uma obrigação das empresas que se preocupam com a função social, além de estar enquadrada em legislação específica, visando à preservação do meio ambiente. A



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

criação e desenvolvimento de programas envolvendo a emissão de créditos de carbono deve ser **confiável e transparente**. Isto é fundamental para que o mercado de crédito de carbono se estabeleça de maneira competitiva e responsável. Diante do exposto, neste artigo, observou-se que o sistema metro ferroviário está perdendo milhões de Euros todos anos por falta de um sistema de cruzamento de informações para emissão de crédito de carbono com uso de inteligência artificial, não havendo a necessidade de controles centrados nas pessoas, sendo necessária a implantação de sistemas adequados, como é o caso do TMS, que deve ser utilizado tanto por grandes como por pequenas empresas, visando a sua evolução juntamente com o crescimento dos negócios das organizações.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 45001:2018: Saúde e segurança Ocupacional - requisitos. Rio de Janeiro, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001:2018: Meio Ambiente - requisitos. Rio de Janeiro, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 27001:2022: Segurança da informação- requisitos. Rio de Janeiro, 2022

BARBIERI, C. (2001). BI – Business Intelligence. Rio de Janeiro: Axcel Books.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. Administração da Qualidade e da Produtividade. São Paulo: Atlas, 2001.

BALLOU, R. H. (2001). Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman.

BISORE, S.; HECK, W. Regulated (CDM) and voluntary carbon offset schemes as carbon offset markets: competition or complementarity? Bruxelles: Université Libre de Bruxelles, 2012. 35p. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/254450839_Regulated_CDM_and_voluntary_carbon_offset_schemes_as_carbon_offset_markets_competition_or_complementarity>. Acesso em: 07 dez. 2022

BHATIA, T.P.S. Economic analysis of world's carbon markets. 2012. 127p. (Thesis – Doctor of Philosophy). University of Toronto/Faculty of Forestry and Centre for Environment, Toronto, 2012.

BOSI, M.; CANTOR, S.; SPORS, F. 10 years of experience in carbon finance: insights from working with the Kyoto mechanisms (English). Washington, DC: World Bank, 2010. 126p. Disponível em: <
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2873/554840WPOP11831on1Finance1Corrected.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 dez 2022.

BROWN, Katrina e CORBERA, Esteve. Exploring equity and sustainable development in the new carbon economy. Norwich, Reino Unido: Elsevier, 2003

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro, Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Urbano, Boletim regional, urbano e ambiental / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. – n. 5 (Jul. 2011) – Brasília: Ipea. Dirur, 2011 – pag. 123-139 – Semestral. ISSN 2177-1847, acesso em <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/139>



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

DE BARROS MARTINS E MAYLA MATSUZAKI FUKUSHIMA, L. N. C. A. R. A. DE Q. M. H. R. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO 2024 SÉRIE RELATÓRIOS,. [s.l: s.n.].

COBERA, E.; ESTRADA, M.; BROWN, K. How do regulated and voluntary carbon-offset schemes compare? *Journal of Integrative Environmental Sciences*, Vol. 6, n. 1, p. 25-50, 2009.

CANDELORO, Ana Paula P.; DE RIZZO, Maria Balbina Martins; PINHO, Vinícius. *Compliance 360°: riscos, estratégias, conflitos e vaidades no mundo corporativo*. São Paulo: Trevisan, 2012. Pag. 30

DEPEXE, Marcelo Dalcil Modelo de análise da prática da qualidade em construtoras : focos da certificação e custos da qualidade / Marcelo Dalcil Depexe ; orientador Edson Pacheco Paladini. – Florianópolis, 2006. 168 f.

FIGUEIRA, A. A.; Buri, M. R. Os benefícios da utilização do Sistema Warehouse Management System na cadeia de logística reversa no Brasil. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 245-257, 2017.

GODOY, S.G.M. Uma análise do mercado mundial de certificados de carbono. In: II Simpósio de Pós-Graduação em Relações Internacionais do Programa San Tiago Dantas. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2009.

GODOY, S.G.M.; SAES, M.S.M. Cap-and-trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. *São Paulo: Ambiente & Sociedade*, v. XVIII, n.1, p.141-160, 2015.

LACRUZ, A. J. *Gestão de Projetos no terceiro setor – Uma aplicação prática*. 1. ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier. 2014.

Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil / organizadores: Flavia Witkowski Frangetto, Ana Paula Beber Veiga, Gustavo Luedemann. – Brasília: IPEA, 2018. 426 p.

LOHMANN, L. *Carbon Trading: a critical conversation on climate change, privatization and power*. Uppsala, Suécia: The Dag Hammarskjöld Centre, 2006.

LOPES, I. G. V. *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2002. 90 p.

MACHADO, V. de F. *A produção do discurso do desenvolvimento sustentável: de Estocolmo a Rio 92*. Brasília, 2005. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília.

MEIER, Ricardo. Com demanda em alta, linhas de metrô já transportam mais de 5,3 milhões de pessoas por dia. 2019. Disponível em: <https://www.metrocptm.com.br/com-demanda-emalta-linhas-de-metro-ja-transportam-mais-de-53-milhoes-de-pessoas-por-dia/>. Acesso em: 31 jul. 2020.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

NEUHOFF, K. VASA, A. The role of CDM post-2012. Background paper for workshop: Carbon Pricing and Investment Response. Berlim, 2011. 19p. Disponível em < <https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2011/12/The-role-of-CDM-post2012.pdf>>. Acesso em 19 dez 2022

PALADINI, Edson Pacheco. Avaliação estratégica da qualidade. São Paulo: Atlas, 2002,

PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e prática. 2a Ed. São Paulo: Atlas, 2004,

UNFPA, (2009) População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais / Daniel Joseph Hogan (Org.); Eduardo Marandola Junior (Org.). - Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/ Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009. 292p.

ROSA, K. T., Rosa, M. R., & Redivo, A. (2015). Logística reversa: um estudo sobre a logística reversa das embalagens vazias de agrotóxicos realizada na cidade de Sinop/MT. Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP, Bauru, SP,

SHISHLOV, S.; BELLASSEN, V. 10 lessons from 10 years of CDM. Climate Report: Research on the economics of climate change, n. 37, nov.2012

YIN, R. Estudo de caso: planejamento e métodos. 1. ed. Porto Alegre. Editora Bookman, 2005.

Sites

ACCENTURE 2023, Uma nova era da IA generativa para todos. 2023. , Disponível em: <<https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document/Accenture-A-New-Era-of-Generative-AI-for-Everyone-PT-v2.pdf>>.

Acesso em: 15 jul. 2025.

BR.INVESTING.COM. Cotação Crédito de Carbono. 2023.

Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>. Acesso em: 10 julho. 2025.

IPCC 2007 nc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/ipcc-report-climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ipcc&gclid=Cj0KCQiA_bieBhDSARIsADU4zLdb2SRV9tP8bh1YYMli956rqfEGcWWN4p34tbarzI6QDus4h1B2glgaAgkfEALw_wcB acesso em 14/01/2022

MEIER, Ricardo. Com demanda em alta, linhas de metrô já transportam mais de 5,3 milhões de pessoas por dia. 2019. Disponível em: <https://www.metrocptm.com.br/com-demanda-em-altas-linhas-de-metro-ja-transportam-mais-de-53-milhoes-de-pessoas-por-dia/>. Acesso em: 31 jul. 2020.



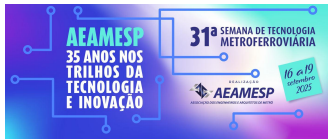
31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

PDSA Cycle. Disponível em: <<https://deming.org/explore/pdsa/>>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SILVA, M. F. Acordo de Paris. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>>. Acesso em: 15 jul. 2025.

Standards. Disponível em: <<https://www.iso.org/standards.html>>. Acesso em: 15 jul. 2025.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Anexo

	
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS	
Certificado de Registro de Programa de Computador	
Processo Nº: BR512024004083-8	
O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 07/10/2024, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.	
Título: Plataforma e/ou aplicativo de geração e certificação do crédito de carbono do sistema de transporte metro ferroviário	
Data de publicação: 07/10/2024	
Data de criação: 13/02/2023	
Linguagem: ACCESS; PL / SQL; JAVA SCRIPT; EXCEL; PHP; FRAMEWORK	
Campo de aplicação: AD-04; AD-05; AH-02; AH-04; AN-01; AN-02; EC-05; EC-14; FN-03; MA-01; UB-04	
Tipo de programa: AP-03; AP-04; GI-01; GI-02; SO-05; SO-06; SO-07	
Algoritmo hash: SHA-512	
Resumo digital hash: 143418120e9e7c17b7cdf5509f4bdc1212b09b03410fe1415d14c3dd1428dbd8073c0f2baa83aad43b6b788aa3752f270 2925365c069e2415e0bd86ac6234fe	
Expedido em: 05/11/2024	
Aprovado por: Carlos Alexandre Fernandes Silva Chefe da DIPTO	