



AEAMESP



DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFÍCIOS EM EMPREENDIMENTOS METROVIÁRIOS

Leonardo Assis Lenharo



AEAMESP



20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

CATEGORIA 1 - Políticas públicas, planejamento urbano, mobilidade sustentável, planejamento e concepção de sistemas de transporte.

TÍTULO: Definição de Requisitos de Sustentabilidade para Edifícios em Empreendimentos Metroviários.

ARTIGO TÉCNICO

1. Introdução

1.1 Justificativa

Esta pesquisa apresenta uma lista de requisitos para edifícios metroviários com o objetivo de estruturar um conjunto de questões de sustentabilidade para avaliar edifícios de empreendimentos metroviários nas fases de pré-projeto, projeto e execução, sob o ponto de vista do proprietário-empendedor. Desta forma, o autor busca auxiliar no atendimento das demandas da Companhia do Metropolitano de São Paulo (CMSP) com relação ao tema, para melhorar de forma estruturada a qualidade ambiental das edificações.

Neste trabalho, a sustentabilidade é tratada considerando os aspectos ambientais, econômicos e socioculturais. Por causa do afastamento drástico entre a produção na construção civil e o meio ambiente, este é atualmente uma importante preocupação das empresas da construção civil, aliado ao apelo das empresas como um todo para a questão da melhora na imagem empresarial que envolve o tema. Não menos importante, os outros dois aspectos necessariamente devem estar integrados às decisões tomadas ao planejar um edifício. Trata-se, portanto, de pensar em crescimento econômico e social responsável,



AEAMESP



pretendendo um ambiente saudável para as gerações futuras. É sabido que, sem tal responsabilidade, nossa sociedade não se sustentará nos moldes atuais e para esta não haverá crescimento.

Os seres humanos necessitam do ambiente construído para exercer suas funções, como morar, trabalhar e se divertir. Manter e desenvolver este ambiente consome água, energia, materiais e mão de obra, além de gerar grandes volumes de resíduos. Tamanho consumo de recursos faz da construção civil protagonista das mudanças climáticas. Produz impactos tão volumosos quanto o tamanho da população mundial, que em 2010 já atingia 6,9 bilhões de indivíduos¹.

Atualmente as ações voltadas para a sustentabilidade na construção civil são dispersas. Há o empenho de empreendedores, indústrias, construtoras e projetistas isoladamente, utilizando normas independentes de certificação ambiental e outros conceitos para apoiar as suas decisões. Não há uma política nacional contida em uma visão sistêmica, que envolva a cadeia produtiva como um todo e dê suporte aos empreendedores baseado em uma agenda nacional. Além desta política, pouco exemplo de aplicação de conceitos de sustentabilidade é dado em obras públicas de infraestrutura.

Este trabalho propõe estabelecer requisitos que sirvam de diretrizes para a concepção, o projeto e a construção dos edifícios de diferentes naturezas existentes nos empreendimentos civis da Companhia do Metropolitano de São Paulo – CMSP. Tais edifícios – estações, terminais, pátios de manutenção, etc. - são partes dos empreendimentos metroviários. Apesar do horizonte pretendido por esta pesquisa ser para todo o ciclo de vida das edificações, as fases de uso e operação, e de desconstrução desses edifícios, bem como

¹ Organização das Nações Unidas - <http://esa.un.org/unpd/wpp> visitado em dezembro de 2013.

tudo que se refere aos trens e infraestrutura viária, não possuem requisitos próprios, portanto, não fazem parte do escopo do trabalho.

A missão da CMSP é prover transporte público com rapidez, segurança, confiabilidade e sustentabilidade ambiental². Para ajustar-se aos impactos produzidos por ocasião da expansão do sistema de transporte metropolitano de São Paulo, deve estar alinhada com os conceitos de sustentabilidade, incorporando tais princípios em suas políticas, estratégias e serviços prestados.

Edifícios mais eficientes preservam recursos e geram economia real durante sua operação, trazendo benefício econômico para a companhia. Além disto, a CMSP deve estar em conformidade com a Política Estadual de Mudanças Climáticas conforme descrito no artigo 38 do decreto estadual nº 55947/2010. Este decreto coloca a necessidade de elaborar e conceber projetos para a execução de obras e serviços de engenharia, a serem contratados pela administração estadual, considerando obrigatoriamente conceitos da construção sustentável.

Empenhar esforços para aplicar tais diretrizes justifica-se também pela busca em contribuir para a existência de políticas públicas de desenvolvimento sustentável da infraestrutura de transporte urbano em escala nacional, no ganho na qualidade real do ambiente construído e urbano, na melhora da saúde e da produtividade dos empregados, pela posterior redução de custos operacionais e de manutenção, pela economia de recursos naturais, e todos os demais ganhos em eficiência da edificação.

Para a elaboração deste trabalho, as exigências previstas na norma ISO / TS 21931-1 embasaram a pesquisa. Para se alcançar os requisitos, o trabalho apresentará uma análise

² CMSP - <http://www.metro.sp.gov.br/metro/institucional/missao.aspx> visitado em dezembro de 2013.

comparativa entre a norma ISO e o referencial técnico para certificação ambiental de edifícios Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental, este que é mais condizente com a realidade brasileira. Além do referencial AQUA, de modo complementar, foram utilizados como base os referenciais LEED, ISI *Envision* e NSW *Sustainable Design Guidelines*. Busca também atender integralmente à agenda proposta, de acordo com a Política Estadual de Mudanças Climáticas descrita no decreto supracitado, e às demandas de crescimento sustentável da Companhia do Metropolitano de São Paulo, tendo sido analisados os requisitos pertinentes às características de edifícios em empreendimento metroviários.

A ênfase em planejar a aplicação das estratégias no período de concepção é justificável. Em média, 80% do custo total de um empreendimento comercial durante todo o seu ciclo de vida está na sua operação, sendo esta a fase mais difícil de interferir para a inserção de melhorias, conforme Figuras 1 e 2.

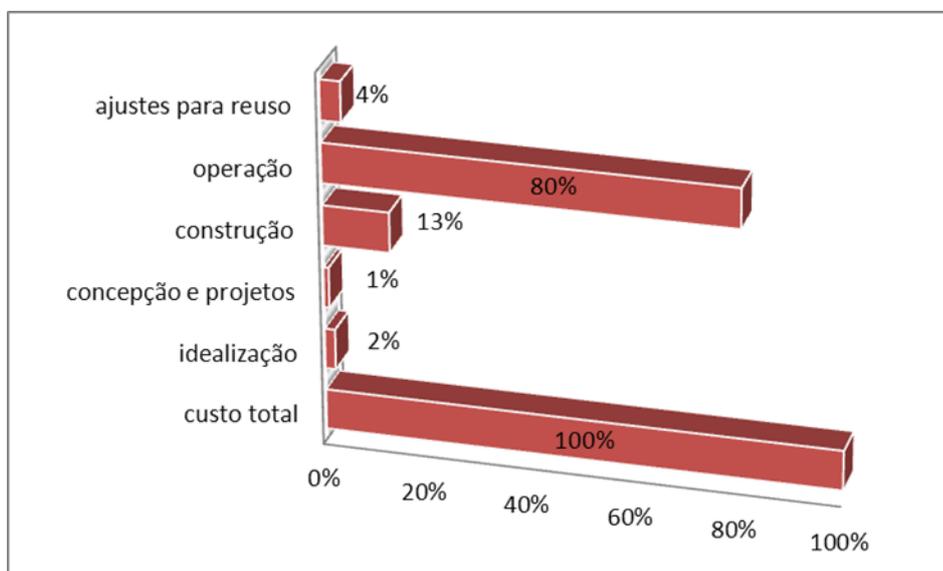


Figura 1: Distribuição dos recursos financeiros empenhados em um edifício comercial durante seu ciclo de vida. Fonte: CEOTTO, 2007.

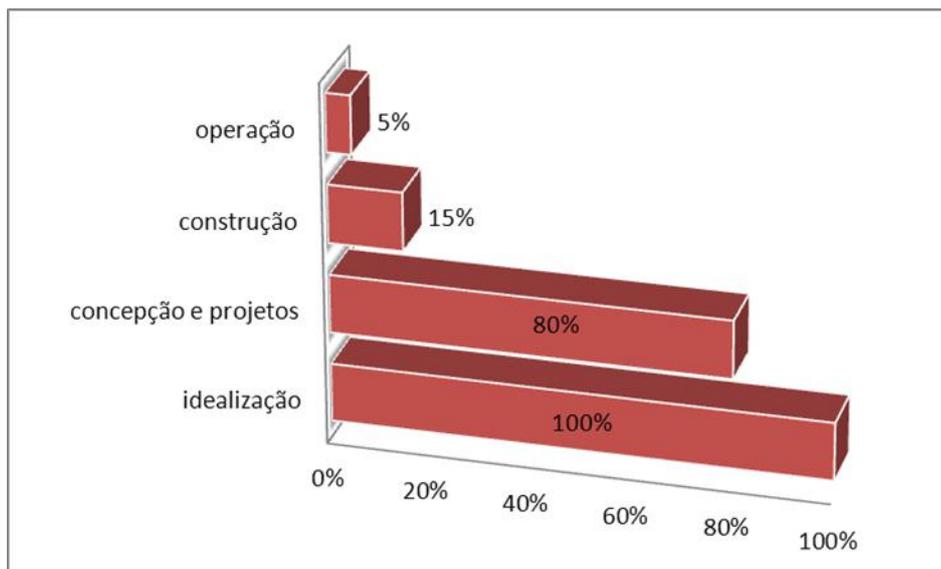


Figura 2: Possibilidade de interferências em um edifício comercial durante seu ciclo de vida. Fonte: CEOTTO, 2007.

Portanto, é fundamental que as diretrizes de elaboração do empreendimento sejam adotadas desde a concepção e projeto funcional, onde o custo para ajustes e interferências é relativamente muito menor para que contemple efetivamente toda a vida útil do empreendimento.

A empresa tem introduzido nos últimos anos algumas iniciativas para minimizar impactos, como por exemplo, a aquisição de composições que são preparadas para gastar quantidades mínimas de energia, há também um maior aproveitamento da luz natural nas estações e o reuso de água na lavagem de trens nos pátios de manutenção.

Mais recentemente foram publicados instrumentos normativos internos que instituem e divulgam diretrizes básicas, no desenvolvimento de projetos, referentes à utilização de água para fins não potáveis e eficiência energética.

1.2 Agenda de sustentabilidade



AEAMESP



A agenda de sustentabilidade definida neste trabalho leva em consideração o contexto nacional para que o método proposto possa ser aplicado visando contribuir com os demais esforços que buscam o desenvolvimento sustentável no Brasil com foco nos edifícios em empreendimentos metroviários.

Para isso, procura contextualizar o entendimento sobre meio ambiente com a construção civil, juntamente com o desenvolvimento sustentável, aspectos e impactos inerentes às construções, o ciclo de vida das edificações e as características dos empreendimentos metroviários.

O artigo 38 do decreto estadual nº 55947/2010, que descreve a Política Estadual de Mudanças Climáticas, que coloca a necessidade de elaborar e conceber projetos para a execução de obras e serviços de engenharia a serem contratados pela administração estadual paulista.

Considerando a extensão dessas considerações para o contexto nacional, a aplicação destes requisitos contribui naturalmente com a demanda de ampliação de políticas públicas integradas para o desenvolvimento sustentável da infraestrutura de transporte urbano em escala nacional. Busca também apoiar melhorias na qualidade dos projetos e processos construtivos, pois, ao aplicar critérios técnicos de avaliação, estes requerem estudos mais aprofundados para que o desempenho desejado seja atingido.

1.3 O Metrô de São Paulo e os edifícios em empreendimentos metroviários

Em 2014, para expansão de da rede da Companhia do Metropolitano de São Paulo, há quatro frentes de trabalho simultâneas.



AEAMESP



Segundo informação do Departamento de Planejamento, Integração e Empreendimentos da CMSP, há nove linhas em estudo desde o início de 2014, entre extensões, caso da Linha 2-Verde até a cidade de Guarulhos, e de novas linhas, como a Linha 6-Laranja entre Jaraguá e a existente estação São Joaquim e a Linha 18-Bronze que tem como destino a cidade de São Bernardo do Campo.

As estações de metrô são edifícios singulares e essenciais para um empreendimento metroviário, pois é onde acontece a inserção do usuário no sistema. São vetores de crescimento urbano e propiciam melhoria na qualidade de vida do entorno e para a cidade como um todo. Para atender as necessidades de uma estação, os edifícios acabam por possuir particularidades arquitetônicas específicas e tais características são objetos de estudo deste trabalho.

A concepção de uma estação deve encontrar a melhor maneira de facilitar o trânsito de passageiros da rua até a plataforma e os trens, atendendo também às diretrizes de segurança e rotas de fugas em emergências (HADLICH; DUWE; VELO, 2012).

As estações abrigam áreas públicas, onde há grande circulação de usuários, como os acessos externos, nível de acesso à área paga, conjunto de bilheterias, sanitários, áreas reservadas para comercialização, conjunto de escadas rolantes e fixas, elevadores e plataformas. Há também as áreas de uso exclusivamente operacional, que, segundo HADLICH; DUWE; VELO (2012), pode chegar a 20% do seu interior total e funcionam 24 horas por dia. São salas de escritórios para supervisores, refeitórios, depósitos, sanitários e vestiários, áreas de descanso para funcionários, sala de primeiro socorros, salas de equipamentos dos sistemas hidráulico, salas com equipamentos elétricos que operam com óleo isolante, maquinário

para ventilação, combate a incêndio, CFTV, salas de geradores a diesel, porões de cabos, dentre outros usos.

Dada a exigência operacional e por serem essenciais ao sistema, as estações são concebidas para uma longa vida útil. Os materiais de acabamento, principalmente os que estão em áreas públicas, devem ser escolhidos para serem duradouros, de pouca e fácil manutenção e resistentes ao vandalismo.

No metrô de São Paulo há ainda grandes áreas de jardins e praças, seja nas circunscrições dos pátios de manutenção ou em áreas residuais ocasionadas pelas desapropriações ocorridas para a construção das linhas. Estas áreas requerem constante manutenção e vegetações adaptadas ao clima da região. Estes locais devem ser bem iluminados e devem permitir a continuidade visual para que não ofereçam riscos de segurança aos transeuntes.

Os demais edifícios que fazem parte do escopo desta pesquisa são analisados igualmente para atendimento à agenda proposta. Prédios componentes de pátios de manutenção possuem características industriais, com áreas que requerem atenção especial, como o equipamento de lavagem de trens que gera efluentes contaminados com graxas e óleos. Edifícios administrativos que compõem este conjunto possuem particularidades menos específicas que as estações e se assemelham aos edifícios corporativos do mercado imobiliário brasileiro.

2. Diagnóstico

2.1 Base para método de avaliação do desempenho ambiental

Neste capítulo são apresentados os preceitos descritos nos capítulos da norma ISO / TS 21931-1, que define uma estrutura para métodos de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. Esta norma identifica e descreve as questões a serem levadas em conta

quando se utiliza métodos para avaliar o desempenho ambiental de edificações novas ou já existentes, nas diversas fases do seu ciclo de vida.

2.1.1 Objetivo da avaliação do desempenho ambiental

Segundo a norma ISO / TS 21931-1, o intuito de uma avaliação do desempenho ambiental de um edifício é estimar a capacidade deste em contribuir para o desenvolvimento sustentável no âmbito ambiental. Isto pode ser conseguido com o apoio ao processo de tomada de decisão visando todo o seu ciclo de vida, isto é, desde a fase de projeto, passando pela construção, transporte, operação, reforma e até desconstrução.

Manter e melhorar continuamente o desempenho ambiental requer operação e manutenção adequadas do edifício durante sua vida útil. Nos edifícios existentes, este desempenho ambiental pode ser melhorado por meio da utilização de uma política ambiental, imputando melhoras operacionais e também com a utilização de um sistema de gestão.

O escopo da avaliação e os estágios do ciclo de vida cobertos pelos métodos de avaliação podem variar dependendo do objetivo da avaliação.

2.1.2 Relevância do contexto local

O desempenho ambiental buscado para um edifício depende das características do local onde o mesmo se insere.

2.1.3 Estrutura para avaliação do desempenho ambiental

Neste capítulo da norma ISO / TS 21931-1 constam os requisitos mínimos para o desenvolvimento, entendimento, implantação e melhorias dos métodos para avaliação do desempenho ambiental de edifícios.

Ainda prescreve que o método de avaliação deve envolver e prover itens, como o uso pretendido do método, definição dos limites do método de avaliação, descrição de premissas, lista estruturada das questões a considerar, meio de quantificar o desempenho ambiental de um edifício, fontes de informações para embasar o método, base para avaliação e interpretação e relatório dos resultados alcançados.

2.1.4 Intenção de uso do método de avaliação

O uso pretendido da avaliação deve ser claramente estabelecido, podendo abranger de um projeto de um novo edifício a um projeto para a desconstrução e disposição final dos resíduos resultantes. As relações entre o período de aplicação da avaliação e os estágios do ciclo de vida do edifício estão ilustradas conforme a figura a seguir.

Fase do ciclo de vida/Estágios	Processos a montante	Produção de produtos para a construção	Projeto	Construção	Uso e operação	Fim do ciclo de vida
Caso de aplicação						
a) Projeto de um edifício novo	[Barra de aplicação da avaliação abrangendo os estágios de Projeto, Construção, Uso e operação, com um ponto de aplicação no início do Projeto]					
b) Avaliação de um edifício existente	[Barra de aplicação da avaliação abrangendo os estágios de Construção, Uso e operação, com um ponto de aplicação no início do Uso e operação]					
c) Melhorias na operação	[Barra de aplicação da avaliação abrangendo o estágio de Uso e operação, com um ponto de aplicação no início do Uso e operação]					
d) Planejamento para modernização	[Barra de aplicação da avaliação abrangendo os estágios de Construção, Uso e operação, com um ponto de aplicação no início do Uso e operação]					
e) Planejamento para desconstrução	[Barra de aplicação da avaliação abrangendo os estágios de Construção, Uso e operação, com um ponto de aplicação no início do Fim do ciclo de vida]					

Figura 3: Relação entre aplicação da avaliação e os estágios do ciclo de vida. (ISO / TS 21.931-1).

Exemplificando, para avaliar um edifício novo, por exemplo, a aplicação da avaliação deve acontecer na fase de projeto. Ou, se a avaliação é para a demolição do edifício, tal avaliação deve ser aplicada ao final do seu ciclo de vida.

A Figura 4 traz as perspectivas das partes interessadas no edifício. Conforme se apresenta na norma ISO / TS 21931-1, os pontos mostram de onde, ao longo do ciclo de vida, partem os interesses das diferentes partes interessadas ou até onde estas estão preocupadas com os

resultados da avaliação. A extremidade da seta indica até onde vai esta perspectiva. As linhas contínuas indicam as percepções mais sensíveis às partes interessadas, enquanto que as linhas tracejadas indicam as percepções estendidas e menos sensíveis às partes interessadas.

Fase do ciclo de vida/Estágios	Processos a montante	Produção de produtos para a construção	Projeto	Construção	Uso e operação	Fim do ciclo de vida
a) Investidor / Proprietário			●	→	→	→
b) Incorporador			●	→		
c) Projetista	←	←	●	→	→	→
d) Construtor			←	●	→	
e) Fornecedor de materiais para construção	←	←	●	→	→	→
f) Usuário / Ocupantes					←	→
g) Gestor da operação / Operador			●	→	→	
h) Financiador		←	→	●	→	→
i) Companhia de Seguros						
j) Corretor de Imóveis			←	→	←	→
k) Agência Governamental						

Figura 4: Exemplos de perspectivas das partes interessadas durante o ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).

A Figura 5 mostra o interesse dos usuários nas informações da avaliação e o respectivo estágio no ciclo de vida pertinente a estes usuários.

Usuários interessados nas informações da avaliação	Fases de interesse			
	Planejamento estratégico e projeto esquemático	Detalhamento de projeto e construção	Operação, incluindo reparos e manutenção	Desconstrução
Clientes Projetistas Construtores Fornecedores Agências governamentais	Método de avaliação de projeto ambientalmente consciente Comparação entre alternativas de possibilidade de projeto Avaliação em relação aos valores-alvo estabelecidos Comunicação entre clientes e projetistas			
Proprietários Gestores operacionais Gestores do edifício Ocupantes Incorporadores Corretores de imóveis Investidores Agências governamentais		Métodos de avaliação para classificação de aspectos ambientais para edifícios existentes Comunicação entre as partes interessadas para investimentos no edifício existente		
Proprietários Projetistas Gestores do edifício Ocupantes Agências governamentais			Método de avaliação para a operação com orientação para a operação Comunicação entre as partes interessadas para operação do edifício Melhoria contínua da operação do edifício	

Figura 5: Interesses dos usuários nas informações da avaliação e os estágios dentro do ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).

Conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, as Figuras 3, 4 e 5 mostram que, dependendo do uso pretendido, os métodos de avaliação podem variar de acordo com o seu usuário e seus beneficiários, bem como o estágio no ciclo de vida do edifício nos quais os métodos são aplicados.

2.1.5 Descrição de premissas

As premissas mais pertinentes necessariamente devem fazer parte das preocupações relacionadas ao escopo e ao contexto da avaliação do desempenho ambiental dos edifícios.

A norma ISO / TS 21931-1 lista as premissas a considerar para edifícios novos, como seguem:

- Expectativa do tempo de operação do edifício;
- Cadeia de suprimentos e logística de produtos de construção;
- Comissionamento de construção de elementos de sistemas e operação;
- Nível de manutenção e reparos diretamente ligados ao desempenho ambiental;



AEAMESP



- Cenários para o fim da vida, incluindo a demolição / desconstrução / recuperação / reciclagem / eliminação definitiva;
- Mudanças antecipadas de futuras fontes de energia e impacto potencial sobre o desempenho ambiental;
- Mudanças de infraestrutura que afetam a operação do edifício ao longo do tempo;
- Comportamento dos ocupantes, no que se refere ao uso; e
- Localização do edifício e a sua influência no transporte dos usuários.

2.1.6 Questões para a avaliação ambiental

A norma ISO / TS 21931-1 descreve que, para o método de avaliação, as questões ambientais de interesse a serem utilizados para avaliar o desempenho ambiental devem ser apresentadas como exigências de desempenho expressas em requisitos e critérios na documentação. As questões devem incluir os aspectos ambientais dos edifícios, impactos ambientais dos edifícios, gestão do edifício e o ambiente interno.

Questões ambientais de interesse, relacionados aos impactos ambientais dos edifícios, que devem estar na avaliação, relacionadas ao fluxo destes e as reflexos locais:

- Mudanças climáticas, a destruição da camada de ozônio, destruição de recursos não renováveis;
- Formação de poluentes;
- Formação de oxidantes fotoquímicos (oxidantes fotoquímicos são os produtos de reações entre NOx e uma grande variedade de compostos orgânicos voláteis);
- Fontes terrestres e aquáticas que estão se tornando ácidas;
- Eutrofização (fenômeno causado pelo excesso compostos químicos ricos em fósforo ou nitrogênio numa massa de água, provocando um aumento excessivo de algas).



AEAMESP



- Já as questões relacionadas ao fluxo de massas durante o ciclo de vida do edifício são:
- Uso de materiais;
- Uso de energia primária;
- Uso de água;
- Produção de resíduos.
- Questões relacionadas aos impactos locais devem considerar:
- Solo;
- Água subterrânea;
- Geração de ruídos;
- Geração de odores.
- As questões a seguir tratam dos reflexos no entorno que podem ser incluídas na avaliação do desempenho ambiental:
- Danos provocados pelo vento pelo microclima em torno do edifício, incluindo efeito de túnel;
- Carga na infraestrutura local;
- Sombreamento da luz solar e redução do brilho ofuscante sobre o imóvel em questão e qualquer propriedade na vizinhança.

As exigências listadas a seguir, segundo a norma no que se refere ao desempenho do edifício, devem ser levadas em conta na avaliação dos aspectos ambientais sob o ponto de vista de todo o ciclo de vida. As questões de interesse que seguem devem ser integradas na descrição técnica:

- Acessibilidade;
- Adaptabilidade;
- Durabilidade;
- Desconstrutibilidade;
- Reciclabilidade;
- Manutenibilidade;
- Segurança.



AEAMESP



Questões de interesse relacionadas com a gestão do edifício devem ser levadas em conta na concepção e projeto do edifício, sempre que relevantes:

- Limitação da produção de resíduos;
- Aproveitamento de resíduos;
- Redução de incômodos;
- Redução da poluição;
- Controle de poluição;
- Economia de água;
- Tratamento de esgoto;
- Manutenção;
- Reabilitação do ambiente para promover a biodiversidade;
- Gestão de emergência ambiental.

O mesmo deve acontecer com as questões de interesse relacionadas ao ambiente interno, que influenciarão no conforto e na saúde dos usuários e ocupantes:

- Qualidade do ar interior;
- Qualidade da ventilação;
- Condições higrotérmicas;
- Controle de ruído e acústica;
- Claridade, acesso à luz natural e vista para o exterior;
- Qualidade da luz;
- Condições de odor;
- Qualidade da água;
- Intensidade dos campos eletromagnéticos;
- Concentração de radônio no ambiente;
- Substâncias perigosas contaminantes;
- Existência de micro organismos indesejados, como fungos.

As questões de interesse que envolve o método de avaliação devem incluir questões especificadas anteriormente.

Ainda conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, todas as questões devem ser plenamente descritas, incluindo a sua quantificação e regras de avaliação. Além disso, o processo envolvido na seleção das questões opcionais de quem estrutura o método de avaliação do desempenho ambiental deve ser explicitamente documentado como informação de referência acessível a todos os interessados. As exigências de desempenho expressas em requisitos referentes às questões ambientais podem incluir informações qualitativas e quantitativas.

2.1.7 Métodos de quantificação do desempenho ambiental

Sobre os métodos de quantificação do desempenho ambiental, a norma ISO / TS 21931-1 prescreve que estes requerem critérios selecionados para mensuração. Os indicadores podem ser qualitativos ou quantitativos.

A importância relativa dos critérios de desempenho ambiental pode exigir a utilização de um sistema de ponderação e pesos para agregação. O uso de ponderação introduz uma perspectiva humana, que não pode ser justificada na compreensão do impacto ambiental. Os pesos estão diretamente ligados a aspectos locais específicos.

2.1.8 Fontes de informação e relatórios de resultados

Referente às fontes de informações utilizadas na avaliação, a norma ISO / TS 21931-1 preceitua que tais informações devem estar claramente indicadas na documentação do método de avaliação e devem estar acessíveis às partes interessadas na avaliação. A fonte de informação pode incluir dois tipos de bancos de dados, genéricos e específicos. As fontes de informação devem incluir, mas sem que fiquem limitados, documentação de projeto, listas de verificação e questionários, inventários de ciclo de vida, modelos estáticos ou

dinâmicos de características de construção (por exemplo, dados térmicos e acústicos), vários tipos de medições (utilização de recursos, concentrações, etc.), e declarações ambientais dos produtos utilizados na construção.

Os relatórios dos resultados da avaliação e o formato do relatório podem ser na forma de documentos e incluir recursos visuais para auxiliar no entendimento das informações. Deve apresentar dados gerais, informações sobre o edifício, detalhes sobre as premissas, a avaliação propriamente dita e uma declaração indicando que a avaliação foi realizada em conformidade com os requisitos desta parte da ISO / TS 21931-1.

2.2 Ferramentas de avaliação de requisitos ambientais

O objetivo deste capítulo é abordar principalmente dois sistemas de certificação ambiental existentes para a avaliação do desempenho de edifícios, o Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental e o LEED – Leadership in Energy and Environmental Design. Estes dois são os mais estabelecidos sistemas de certificação ambiental para edifícios do mercado brasileiro. Complementarmente, o capítulo também aborda o sistema de certificação para infraestrutura ISI Envision e o sistema de certificação para empreendimentos de transporte NSW Sustainable Design Guidelines.

2.2.1 Processo AQUA – alta qualidade ambiental

Conforme descreve a Fundação Vanzolini³, o Processo AQUA é uma certificação da construção sustentável desenvolvida a partir da certificação francesa *Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)* e aplicada no Brasil exclusivamente pela Fundação Vanzolini. A Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é um conceito holístico e, por esta razão, fundamenta-se

³ Fundação Vanzolini <http://www.vanzolini.org.br/hotsite-aqua.asp> visitado em abril de 2014.



AEAMESP



na análise do local do empreendimento e de seu programa de necessidades. E, nesta globalidade, o Processo AQUA busca proporcionar condições ideais de conforto e saúde para os usuários, respeitando o meio ambiente e a sociedade, atendendo integralmente a legislação e obtendo viabilidade econômica por meio da análise do ciclo de vida dos empreendimentos.

A avaliação qualidade ambiental do empreendimento (QAE) é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase de pré-projeto.

As categorias de preocupação ambiental são:

- Relação do edifício com seu entorno;
- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos;
- Canteiro de obras com baixo impacto ambiental;
- Gestão da energia;
- Gestão da água;
- Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício;
- Manutenção – Permanência do desempenho ambiental;
- Conforto higrotérmico;
- Conforto acústico;
- Conforto visual;
- Conforto olfativo;
- Qualidade sanitária dos ambientes;
- Qualidade sanitária da água; e
- Qualidade sanitária do ar.



AEAMESP



Para obter a certificação da construção nova o empreendedor deve planejar e garantir o controle total do desenvolvimento do empreendimento nas fases de Pré-projeto, Projeto e Execução.

O sistema AQUA merece destaque por ser o primeiro sistema a ter seu referencial técnico oficialmente adaptado em língua portuguesa e por profissionais brasileiros, levando em conta o contexto no qual se insere.

2.2.2 LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

Conforme descrito pelo *Green Building Council Brasil*⁴ (GBC Brasil), *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações.

O sistema possui oito referenciais distintos, para atender edificações de diversos usos. O referencial técnico usado nesta pesquisa é o LEED *New Construction & Major Renovation* (Novas construções e Grandes Reformas) destinado a edificações que serão construídas, ou passarão por grandes reformas que venham a incluir o sistema de ar condicionado, envoltória e realocação.

O nível da certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, sendo estes níveis: Certificado (nível mínimo), prata, ouro e platina (nível máximo).

O GBC Brasil descreve as categorias relacionadas neste sistema de certificação, são elas:

- *Sustainable sites* (Espaço Sustentável);
- *Water efficiency* (Eficiência do uso da água)
- *Energy & atmosphere* (Energia e Atmosfera);
- *Materials & resources* (Materiais e Recursos);

⁴ Green Building Council Brasil <http://www.gbcbrazil.org.br> visitado em abril de 2014.



AEAMESP



- *Indoor environmental quality* (Qualidade ambiental interna);
- *Innovation in design or innovation in operations* (Inovação e Processos); e
- *Regional priority credits* (Créditos de Prioridade Regional).

2.2.3 ISI – *Envision*

Conforme descrito pelo *Institute for Sustainable Infrastructure (ISI)*⁵, o *Envision* é um sistema de classificação de infraestrutura desenvolvido para ajudar os projetistas, construtores e empreendedores de infraestrutura em direção a níveis crescentes de sustentabilidade. Para estruturar os créditos e ilustrar a sua inter-relação, o referencial organiza-os em cinco categorias e catorze subcategorias com base na sua principal área de impacto. As cinco categorias são:

- Quality of Life (Qualidade de Vida);
- Leadership (Liderança);
- Resource Allocation (Alocação de Recursos);
- Natural World (Mundo Natural); e
- Climate and Risk (Clima e risco).

Cada uma das cinco categorias contém subcategorias, as quais possuem vários créditos. As subcategorias fornecem meios de agrupamento adicionais aos créditos dentro de uma categoria. As subcategorias são as seguintes:

- Qualidade de Vida:
- Liderança:
- Alocação de Recursos:
- Mundo Natural:
- Clima e Risco:

⁵ Institute for Sustainable Infrastructure <https://www.sustainableinfrastructure.org> visitado em abril de 2014.



AEAMESP



2.2.4 NSW Sustainable Designs Guidelines

O guia *NSW Sustainable Designs Guidelines*⁶, desenvolvido pelo governo do estado australiano de Nova Gales do Sul, ou *New South Wales*, introduz uma série de iniciativas para melhorar o desempenho da sustentabilidade em empreendimentos de infraestrutura de transporte desenvolvidos na Austrália.

Conforme explicado no referencial, a elaboração das diretrizes foi influenciada pelo planejamento de longo prazo da área governamental que trata dos transportes na região, e as diretrizes se destinam para o atendimento da política de sustentabilidade.

O referencial é dividido em sete temas:

- Energia e gases de efeito estufa;
- Resiliência do clima;
- Materiais e resíduos;
- Biodiversidade e herança;
- Água;
- Controle da poluição; e
- Benefício comunitário.

Neste guia há vinte e três itens de sustentabilidade de atendimento obrigatório. Todos os demais itens são aplicáveis opcionalmente, mas justificando a não aplicação, sendo necessário atender a uma porcentagem mínima deles.

As diretrizes abrangem edifícios como estações de trem, estacionamento de veículos automotores; instalações de manutenção e depósitos; infraestrutura civil componente do empreendimento; túneis; e sistemas de veículos leves sobre trilhos.

⁶ Transport for NSW [http://www.transport.nsw.gov.au/projects/Planning-and-
assessment/sustainability](http://www.transport.nsw.gov.au/projects/Planning-and-assessment/sustainability) visitado em abril de 2014.

3. Análise comparativa entre subcategorias

Neste capítulo é apresentada uma análise comparativa entre as subcategorias da norma ISO / TS 21931-1 em relação aos requisitos do referencial técnico de certificação Processo AQUA. Parte-se do pressuposto que o referencial Processo AQUA é o sistema de certificação ambiental de edifícios mais adequado para a realidade nacional, pois foi elaborado e adaptado por equipe de profissionais brasileiros especialistas em suas áreas, por meio de convênio com a Fundação Vanzolini a partir do referencial técnico francês HQE - *Haute Qualité Environnementale*, elaborado por *Certivéa*.

Algumas subcategorias do Processo AQUA se repetem, pois em seus critérios de avaliação há desdobramentos que as diferenciam.

Esta análise visa eleger os requisitos de sustentabilidade específicos para edifícios em empreendimentos metroviários, baseado em uma análise de pertinência. Partindo dos preceitos da norma ISO / TS 21931-1, a análise comparativa verifica a relação dos requisitos AQUA, sua coerência com a norma ISO e aplicabilidade ao contexto de empreendimentos metroviários, seguindo a agenda proposta. Complementarmente, adotam-se itens do referencial LEED, além de exigências presentes nos referenciais mais específicos a empreendimentos de infraestrutura ISI *Envision* e NSW *Sustainable Design Guidelines*.

A partir do levantamento da norma ISO / TS 21931-1, se estabelece o conjunto de cinco categorias:

- Fluxo de massas;
- Reflexos no local do empreendimento;
- Desempenho do edifício;
- Gestão do edifício na fase de construção e na fase de uso e operação;

- Ambiente interno.

3.1 Matrizes de correlação entre subcategorias

Categoria FLUXO DE MASSAS ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Uso de materiais	2.1 Escolhas para a durabilidade e adaptabilidade 2.3 Escolha dos produtos - foco socioambiental	LEED: EAp3 Gestão fundamental dos gases refrigerantes
	Uso de energia primária	3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo 4.1 Redução por concepção arquitetônica 4.2 Redução da energia primária e poluentes	
	Uso de água	3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo 5.1 Redução do consumo de água potável	LEED: SSc6 Projeto para água de chuva - Controle da quantidade
	Produção de resíduos	3.1 Otimização da gestão dos resíduos de obras	

Figura 6: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao fluxo de massas.

Categoria REFLEXOS NO LOCAL ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Solo	1.1 Implantação do empreendimento 3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo 5.2 Otimização da gestão de águas pluviais	LEED: SSc3 Descontaminação de solo ISI: QL3.3 Ganhos de áreas públicas
	Água subterrânea	1.1 Implantação do empreendimento 3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo 5.2 Otimização da gestão de águas pluviais	
	Geração de ruídos	1.2 Qualidade dos espaços exteriores 1.3 Impactos do edifício sobre a vizinhança 3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo	
	Geração de odores	1.3 Impactos do edifício sobre a vizinhança 3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo	
	Ecosistema local e entorno	1.2 Qualidade dos espaços exteriores	LEED: SSc8 Redução da poluição luminosa LEED: SSc7 Efeito ilha de calor NSW: 3.34 Impedir a eletrólise NSW: 7.3 Arte pública ISI: QL3.1 Preservar recursos históricos/culturais
	Carga na infraestrutura	1.1 Implantação do empreendimento 3.2 Redução dos incômodos, poluição e consumo	NSW: 7.21 Vestiários aos ciclistas em pátios NSW: 7.28 Bicicletários e paraciclos nas estações
	Sombreamento, brilho ofuscante e bloqueio de visuais	1.2 Qualidade dos espaços exteriores 1.3 Impactos do edifício sobre a vizinhança	

Figura 7: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes aos reflexos no local do empreendimento.

Categoria DESEMPENHO DO EDIFÍCIO ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Acessibilidade	2.2 Escolhas para a facilidade de conservação	NSW: 7.7 Planejamento de acesso às estações NSW: 7.14 Estratégia de orientação espacial NSW: 7.19 Área de desembarque
	Adaptabilidade	2.1 Escolhas para a durabilidade e adaptabilidade	
	Durabilidade	2.1 Escolhas para a durabilidade e adaptabilidade	
	Desconstrutibilidade	3.1 Otimização da gestão de resíduos de obras	
	Reciclabilidade	3.1 Otimização da gestão de resíduos de obras	
	Manutenibilidade	2.2 Escolhas para a facilidade de conservação 7.1 a 7.4 Permanência do desempenho ambiental	NSW: 7.39 Reduzir o vandalismo
	Segurança operacional	1.2 Qualidade dos espaços exteriores	NSW: 7.31 Caminhos e visuais desobstruídas

Figura 8: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao desempenho do edifício.

Categoria GESTÃO DO EDIFÍCIO ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Gestão de resíduos de uso e operação	6.1 Otimização da revalorização dos resíduos 6.2 Qualidade do sistema de gestão dos resíduos	NSW: 3.23 Prever coletores de recicláveis
	Melhorias no conforto	1.2 Qualidade dos espaços exteriores	NSW: 7.43 Wi-Fi público NSW: 7.47 Prover bebedouros
	Redução dos efeitos da poluição	13.2 Controle das fontes de poluição	NSW: 6.14 Localização das tomadas de ar
	Controle dos efeitos da poluição	5.2 Otimização da gestão de águas pluviais 6.2 Qualidade do sistema de gestão dos resíduos 13.2 Controle das fontes de poluição	
	Economia de água	5.1 Redução do consumo de água potável	
	Tratamento de esgoto	5.2 Otimização da gestão de águas pluviais	
	Manutenção	7.1 a 7.4 Permanência do desempenho ambiental 14.4 Controle de tratamentos da rede de água	NSW: 1.6 Medição em tempo real
	Preservação da biodiversidade	1.1 Implantação do empreendimento	
	Emergências ambientais		

Figura 9: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes à gestão do edifício.

Categoria AMBIENTE INTERNO ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Condições higrótérmicas	8.1 a 8.4 Conforto higrotérmico	
	Controle de ruído	9.1 Otimização para proteger os usuários 9.2 Criação de uma qualidade do meio acústico	
	Acesso à luz natural	10.1 Garantia de iluminância natural ótima	
	Acesso à vista exterior	10.1 Garantia de iluminância natural ótima	
	Qualidade da iluminação	10.1 Garantia de iluminância natural ótima 10.2 Iluminação artificial confortável	
	Condições de odor	11.2 Controle de fontes de odores desagradáveis	
	Qualidade do ar interior	2.4 Escolha dos produtos - saúde humana 13.2 Controle das fontes de poluição	LEED: EQc3 Melhorias de qualidade do ar interior
	Qualidade da água	14.2 Organização e proteção das redes internas	
	Intensidade de magnetismos	12.1 Controle da exposição eletromagnética	
	Substâncias contaminantes	12.2 Criação de condições de higiene específicas	
	Controle de microrganismos	12.2 Criação de condições de higiene específicas	

Figura 10: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao ambiente interno.

4. Requisitos de sustentabilidade

A partir da base para método de avaliação do desempenho ambiental de empreendimentos da construção civil fornecida pela norma ISO / TS 21931-1, este capítulo determina os requisitos de sustentabilidade para edifícios em empreendimentos metroviários, sendo este o objetivo principal deste trabalho.



AEAMESP



Seguindo os preceitos da norma, a lista está estruturada em cinco categorias, trinta e oito subcategorias e noventa questões de interesse em sustentabilidade. Estas questões levam em conta a análise de correlação entre subcategorias das normas citadas no capítulo anterior e as necessidades atuais da Companhia do Metropolitano de São Paulo com relação ao tema.

Todas as figuras deste capítulo são de autoria do pesquisador.

4.1 Delimitação do escopo

Esta lista estruturada de requisitos tem o objetivo de avaliar edifícios de empreendimentos metroviários novos em três fases: Pré-projeto, Projeto e Execução.

Nesta pesquisa se observa o empreendimento metroviário sob o ponto de vista do proprietário-empreendedor, visando auxiliar em tomadas de decisões nas três fases de desenvolvimento de projetos para obter ganhos de desempenho da qualidade ambiental permanentemente, com a perspectiva do ciclo de vida completo, sobretudo na fase de uso, operação e manutenção.

4.2 Qualidade ambiental do edifício metroviário

A Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (QAEM) é descrita em cinco categorias que representam os desafios ambientais do empreendimento. As trinta e oito subcategorias apresentam todos os requisitos elaborados neste trabalho, a serem atingidos de acordo com os indicadores qualitativos “Atende” ou “Não Atende”.

Quantitativamente, os requisitos são listados de acordo com a porcentagem de atendimentos realizados.

A figura 11 apresenta um exemplo de formulário para elaboração dos relatórios de diagnósticos visando acompanhamento dos requisitos a atender.

REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE - RELATÓRIO DE DIAGNOSTICOS	
FM - FLUXO DE MASSAS	
FM 1 - USO DE MATERIAIS	
FM 1.1 Refletir sobre a desconstrução dos edifícios em função da vida útil desejada.	
Intervenções:	ATENDE
Observações:	
<hr/>	
FM 1.2 Conhecer a contribuição dos produtos de construção nos impactos ambientais	
Intervenções:	INT.2
Observações:	
<hr/>	
FM 1.3 Conhecer e escolher fornecedores que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva.	
Intervenções:	N.ATENDE
Observações:	

Figura 11: Exemplo de relatório de acompanhamento do desempenho ambiental do edifício metroviário.

A figura 12 exemplifica tabelas separadas por categorias para elaboração dos relatórios de avaliação que demonstram quantitativamente o nível de atendimento à qualidade ambiental do edifício metroviário.



Figura 12: Tabelas para elaboração dos relatórios de avaliação da QAEM.

4.3 Requisitos da categoria FM – fluxo de massas

A categoria Fluxo de Massas (FM) tem como foco as matérias envolvidas no empreendimento. Conforme interpretado na norma ISO / TS 21931-1, a categoria é abordada por quatro subcategorias:

- Uso de materiais:
- Uso de energia primária:
- Uso de água;
- Produção de resíduos:

FM1 - Uso de Materiais	
Requisitos	Indicadores
FM1.1 - Refletir sobre a desconstrução do edifício em função da vida útil desejada.	Reflexão, para a escolha de materiais, sobre a desconstrução considerando uma vida útil entre 50 e 100 anos.
FM1.2 - Conhecer a contribuição dos produtos de construção nos impactos ambientais da construção e escolher os produtos de forma a limitar impactos.	Conhecimento das características ambientais dos produtos de construção e escolhê-los visando a diminuição de impactos ambientais.
FM1.3 - Conhecer e escolher fornecedores que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva.	Conhecimento dos fornecedores de produtos e serviços da construção que não pratiquem a informalidade fiscal e trabalhista.
FM1.4 - Evitar o uso de gases refrigerantes com base em clorofluorcarbono (CFC) para reduzir os efeitos nocivos à camada de ozônio.	Identificação dos sistemas de condicionamento de ar utilizados no empreendimento, conhecendo os potenciais danos causados por estes gases.
FM2 - Uso de Energia Primária	
Requisitos	Indicadores
FM2.1 - Limitar o consumo de energia no canteiro de obras.	Definição e implementação de estratégias para limitar o consumo de energia durante a construção.
FM2.2 - Melhorar a aptidão de envoltórias no edifício para limitar desperdícios energéticos.	Conhecimento da transmitância térmica ponderada de envoltórias da edificação.
FM2.3 - Melhorar a aptidão do edifício para reduzir suas necessidades energéticas.	Conhecimento das necessidades energéticas do edifício e justificativa da otimização do partido arquitetônico.
FM2.4 - Reduzir o consumo de energia primária devida ao resfriamento, à iluminação, à ventilação e aos equipamentos auxiliares.	Medidas adotadas para ganhos de eficiência energética no edifício e seus equipamentos, os comparando com edifícios base.
FM2.5 - Utilizar energias renováveis locais.	Consideração do emprego de modalidades energéticas locais de origem renovável.

FM3 - Uso de Água	
Requisitos	Indicadores
FM3.1 - Limitar o consumo de água no canteiro de obras.	Definição e implementação de estratégias para limitar o consumo de água durante a construção.
FM3.2 - Limitar as vazões de utilização.	Adoção de redutores de pressão caso esta seja superior a 300 kPa.
FM3.3 - Utilizar vegetação adaptada ao clima.	Identificação de vegetação para o paisagismo que requeira o mínimo possível de irrigação.
FM3.4 - Captar, armazenar e tratar água de chuva para reúso.	Medidas adotadas para a captação da água de chuva, identificando as possibilidades de reúso.
FM4 - Produção de Resíduos	
Requisitos	Indicadores
FM4.1 - Minimizar a produção de resíduos do canteiro de obras.	Medidas adotadas para reduzir a produção de resíduos na origem durante a construção.
FM4.2 - Assegurar a correta destinação dos resíduos do canteiro de obras.	Soluções para garantir a total rastreabilidade dos resíduos gerados durante a construção e registros da seleção de transportadoras e recebedores.
FM4.3 - Reduzir o volume de material escavado e transportado para fora do empreendimento.	Medidas adotadas para reduzir a quantidade de material escavado e transportado para bota-foras ou qualquer outro local fora do empreendimento.

Figura 13: Requisitos da categoria FM - fluxo de massas.

4.4 Requisitos da categoria RL – reflexos no local

A categoria Reflexos no Local do Empreendimento (RL) observa questões relacionadas aos aspectos do empreendimento e os consequentes impactos no local onde será implantado, na fase de construção e também na fase de uso e operação do edifício. Conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, a categoria é abordada por sete subcategorias:

- Solo;
- Água subterrânea;
- Geração de resíduos;
- Geração de odores;
- Ecossistema local e entorno;
- Carga na infraestrutura; e
- Sombreamento e brilho ofuscante e bloqueio de visuais.

RL1 - Solo	
Requisitos	Indicadores
RL1.1 - Limitar a poluição do solo no canteiro de obras.	Definição e implementação de uma estratégia de meios permitindo limitar a poluição do solo durante a construção.
RL1.2 - Gerenciar a permeabilidade.	Aumento de áreas permeáveis e controle do escoamento superficial.
RL1.3 - Incorporar ao empreendimento e tratar áreas com solo contaminado.	Reabilitação de locais com solo contaminado, provendo o desenvolvimento onde há áreas prejudicadas por questões ambientais.
RL1.4 - Prover áreas públicas.	Identificação de espaços para a criação, ampliação ou reabilitação, incluindo praças, instalações recreativas, refúgios de vida silvestre, etc.
RL2 - Água Subterrânea	
Requisitos	Indicadores
RL2.1 - Limitar a poluição ocasionada pelo canteiro de obras à água subterrânea.	Definição e implementação de uma estratégia de meios permitindo limitar a poluição de água subterrânea durante a construção.
RL2.2 - Prevenir o risco de inundação do entorno por meio da otimização entre retenção e infiltração.	Medidas adotadas para potencializar o binômio retenção / infiltração de água no terreno e no entorno do edifício.
RL2.3 - Gerenciar águas de escoamento poluídas.	Recuperação e tratamento de águas de escoamento poluídas para evitar a contaminação da água subterrânea por infiltração no solo.
RL3 - Geração de Ruídos	
Requisitos	Indicadores
RL3.1 - Limitar a poluição sonora no canteiro de obras.	Definição e implementação de estratégia de meios permitindo limitar a poluição sonora durante a construção.
RL3.2 - Criar um conforto acústico exterior satisfatório e assegurar à vizinhança o direito à tranquilidade.	Medidas adotadas para limitar as fontes de incômodos sonoros ao exterior, gerados por equipamentos e atividades do empreendimento.
RL4 - Geração de Odores	
Requisitos	Indicadores
RL4.1 - Limitar a poluição do ar no canteiro de obras.	Definição e implementação de uma estratégia de meios permitindo limitar a geração de odores no entorno, dada a poluição do ar durante a construção.
RL4.2 - Assegurar à vizinhança o direito ao conforto olfativo.	Medidas adotadas para limitar as fontes de odores ao exterior, gerados por equipamentos e atividades do empreendimento.

RL5 - Ecossistema Local e Entorno	
Requisitos	Indicadores
RL5.1 - Limitar incômodos ao entorno relacionados ao vento.	Medidas adotadas para limitar os efeitos do vento no local do empreendimento.
RL5.2 - Controlar a poluição por emissão de material particulado.	Medidas adotadas para controle das emissões e suspensão de partículas considerando as fases de construção e uso e operação do edifício.
RL5.3 - Controlar a poluição por queima de combustíveis fósseis.	Medidas adotadas para controle das emissões por veículos à combustão de frota própria ou contratada.
RL5.4 - Reduzir poluição luminosa.	Medidas adotadas para diminuir o transpasse de luz artificial do empreendimento ao céu, visando minimizar impactos ao ambiente noturno.
RL5.5 - Reduzir o efeito ilha de calor.	Medidas adotadas para reduzir o efeito de ilha de calor.
RL5.6 - Impedir a eletrólise.	Medidas adotadas para prevenir os efeitos causados por fuga de corrente elétrica, causando reações químicas que corroem metais.
RL5.7 - Prover e preservar a arte pública.	Criação de novas obras, identificação e preservação de obras existentes, incluindo consultas à comunidade sobre propostas de arte pública.
RL5.8 - Preservar recursos históricos e culturais para conservação da identidade e memória local.	Identificação, preservação e restauro de locais com significados históricos e culturais adjacentes ao edifício.
RL6 - Carga na Infraestrutura	
Requisitos	Indicadores
RL6.1 - Limitar os poluentes e incômodos causados pelo excesso de sedimentos sólidos provenientes do canteiro de obras.	Implementação de estratégias para conter a saída de sedimentos sólidos para o sistema de coleta de água pluvial do entorno durante a construção.
RL6.2 - Limitar os poluentes e incômodos causados pelo excesso de veículos provenientes do canteiro de obras.	Definição e implementação de estratégias para conter os incômodos causados ao sistema viário do entorno durante a construção.
RL6.3 - Assegurar a coerência entre a implantação do empreendimento e a política da comunidade em termos de arranjo e desenvolvimento sustentável.	Coerência com relação à oferta local de infraestrutura urbana para restringir a necessidade de novas redes.
RL6.4 - Favorecer integração com meios de transporte não poluentes.	Medidas adotadas para a conectividade urbana e incentivo ao deslocamento limpo de usuários e funcionários.
RL6.5 - Integrar estação com pátio de manutenção para o trânsito a pé dos funcionários.	Medidas adotadas para propiciar que a estação mais próxima ao pátio de manutenção seja integrada a este, permitindo deslocamentos a pé.

RL7 - Sombreamento, Brilho Ofuscante e Bloqueio de Visuais	
Requisitos	Indicadores
RL7.1 - Limitar danos e incômodos ao entorno com relação à exposição ao sol e brilho ofuscante.	Medidas adotadas com relação à envoltória do edifício para minimizar danos e incômodos à vizinhança.
RL7.2 - Assegurar à vizinhança o direito ao sol, à luminosidade e às vistas.	Medidas adotadas quanto ao período de insolação dos edifícios vizinhos, ao sombreamento e às vistas em relação à situação préexistente.

Figura 14: Requisitos da categoria RL - reflexos no local.

4.5 Requisitos da categoria DE – desempenho do edifício

A categoria Desempenho do Edifício (DE) observa as características e atributos das edificações para minimizar os consequentes impactos quanto ao desempenho a exigências relacionadas à habitabilidade e à sustentabilidade do edifício como um todo. Conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, a categoria é abordada por sete subcategorias:

- Acessibilidade;
- Adaptabilidade;
- Durabilidade;
- Desconstrutibilidade;
- Reciclabilidade;
- Manutenibilidade; e
- Segurança operacional.

DE1 - Acessibilidade	
Requisitos	Indicadores
DE1.1 - Assegurar a facilidade de acesso para a conservação do edifício.	Medidas adotadas para facilitar o acesso aos elementos e sistemas construtivos visando a conservação do edifício.
DE1.2 - Planejar os acessos às estações.	Medidas adotadas para a locação de acesso às estações visando conexão facilitada e direta com eixos existentes e rotas eficientes para os pedestres.
DE1.3 - Definir estratégias de orientação espacial.	Medidas adotadas para orientação espacial passiva na área de captação de usuários.
DE1.4 - Criar áreas de embarque e desembarque de usuários.	Identificação de locais apropriados para baias de embarque e desembarque de usuários de automóveis nas estações.
DE2 - Adaptabilidade	
Requisito	Indicadores
DE2.1 - Refletir sobre a adaptabilidade do edifício ao longo do tempo em função da vida útil desejada.	Reflexão sobre adaptabilidade do edifício para uma vida útil entre 50 e 100 anos.
DE3 - Durabilidade	
Requisito	Indicadores
DE3.1 - Adaptar as escolhas construtivas à vida útil desejada para o edifício.	Considerações sobre a durabilidade dos produtos, sistemas e processos em função de seu uso no edifício para uma vida útil entre 50 e 100 anos.
DE4 - Desconstrutibilidade	
Requisito	Indicadores
DE4.1 - Adaptar as escolhas construtivas à possibilidade de desconstrução e reutilização.	Medidas adotadas para otimizar o grau de desconstrução e reutilização do edifício ao final de sua vida útil.
DE5 - Reciclabilidade	
Requisito	Indicadores
DE5.1 - Revitalizar as edificações e beneficiando o máximo possível de resíduos.	Reflexão na fase de concepção sobre a reciclabilidade do edifício e dos resíduos provenientes de sua desconstrução parcial.
DE6 - Manutenibilidade	
Requisitos	Indicadores
DE6.1 - Escolher produtos de fácil conservação e garantir simplicidade de concepção dos sistemas de ventilação e AC para facilitar a manutenção.	Considerações sobre a escolha de produtos, disposições arquitetônicas e concepção de sistemas que facilitem a conservação do edifício e de seus equipamentos.
DE6.2 - Reduzir as possibilidades de vandalismos.	Medidas adotadas para reduzir as consequências de vandalismos para o edifício em áreas internas e externas.

DE7 - Segurança Operacional	
Requisitos	Indicadores
DE7.1 - Criar segurança visual satisfatória nos espaços interiores e exteriores.	Medidas adotadas com relação à disposição dos espaços, garantindo eixos com boa visibilidade e sensação de segurança aos usuários e funcionários.
DE7.2 - Minimizar pontos de vulnerabilidade do sistema metroviário.	Medidas adotadas com relação às proteções, minimizando riscos e interferências no sistema metroviário.

Figura 15: Requisitos da categoria DE - desempenho do edifício.

4.6 Requisitos da categoria GE – gestão do edifício

A categoria Gestão do Edifício (GE) trata dos aspectos e consequentes impactos relacionados ao uso e operação do edifício ao longo do seu ciclo de vida. Conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, a categoria é abordada por nove subcategorias:

- Gestão de resíduos de uso e operação;
- Melhorias no conforto;
- Redução dos efeitos da poluição;
- Controle dos efeitos da poluição;
- Economia de água;
- Tratamento de esgoto;
- Manutenção;
- Preservação da biodiversidade; e
- Emergências ambientais.

GE1 - Gestão de Resíduos de Uso e Operação	
Requisitos	Indicadores
GE1.1 - Facilitar a gestão dos resíduos de uso e operação.	Medidas tomadas com relação às disposições arquitetônicas para facilitar a gestão de resíduos no uso e na operação do edifício.
GE1.2 - Identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação dos edifícios com a finalidade de valorizá-los ao máximo.	Identificação dos resíduos gerados no uso e operação e as cadeias locais de destinação, visando sua revalorização.
GE1.3 - Otimizar os circuitos dos resíduos de uso e operação.	Reflexão sobre os circuitos dos resíduos de uso e operação, compreendendo a geração, coleta, armazenamento, transporte e retirada.
GE1.4 - Estimular a triagem de resíduos na fonte geradora.	Medidas adotadas para favorecer a triagem na fonte geradora na fase de uso e operação do edifício.
GE2 - Melhorias no Conforto	
Requisitos	Indicadores
GE2.1 - Criar um conforto ambiental exterior satisfatório relacionado às precipitações.	Medidas adotadas para proteção dos efeitos indesejáveis da chuva, como área de aglomeração de usuários junto ao acesso sem atrapalhar o fluxo.
GE2.2 - Criar área para ponto de encontros.	Identificação de espaços nas estações de grande fluxo, posicionados fora da circulação, dispendo de conveniências como WI-FI, tomadas e bebedouros.
GE3 - Redução dos Efeitos da Poluição	
Requisitos	Indicadores
GE3.1 - Reduzir os efeitos das fontes de poluição.	Soluções arquitetônicas para a redução dos efeitos das fontes de poluição.
GE4 - Controle dos Efeitos da Poluição	
Requisitos	Indicadores
GE4.1 - Identificar as fontes de poluição no empreendimento.	Identificação das possíveis atividades poluidoras no empreendimento ao longo do ciclo de vida do edifício.
GE4.2 - Captar os efluentes industriais.	Medidas adotadas para coleta do efluente de áreas com atividades poluidoras, como limpeza de trens e oficinas, favorecendo sua recuperação e tratamento.
GE5 - Economia de Água	
Requisitos	Indicadores
GE5.1 - Otimizar o uso de água potável.	Soluções economizadoras de água potável, como o uso de dispositivos economizadores nos pontos de consumo.
GE5.2 - Limitar o uso de água potável.	Soluções adotadas para utilizar água não potável em usos que não requeiram água com características de potabilidade.

GE6 - Tratamento de Esgoto	
Requisitos	Indicadores
GE6.1 - Assegurar a coerência entre a carga de esgoto prevista no edifício com a disponibilidade na rede local.	Coerência em relação à escolha do lote com a infraestrutura de esgoto disponível localmente.
GE6.2 - Tratar os efluentes industriais.	Medidas adotadas para o tratamento dos efluentes de áreas com atividades poluidoras, favorecendo o reúso da água tratada.
GE7 - Manutenção	
Requisitos	Indicadores
GE7.1 - Prover meios para monitoramento de padrões de uso de energia, água e iluminação em tempo real.	Adoção de sistemas de monitoramento do consumo por partes do dia, permitindo aprimorar a eficiência dos sistemas baseada no comportamento do uso.
GE7.2 - Prover meios para verificação do desempenho dos tratamentos anticorrosivos e anti-incrustação.	Instalação de tubos de controle e de torneiras de teste para assegurar o monitoramento do desempenho dos tratamentos.
GE8 - Preservação da Biodiversidade	
Requisitos	Indicadores
GE8.1 - Preservar o ecossistema e a biodiversidade.	Preservação da qualidade da biodiversidade e ecológica no local de intervenção do empreendimento.
GE9 - Emergências Ambientais	
Requisitos	Indicadores
GE9.1 - Prover com equipamentos de mitigação para ações em emergências ambientais áreas com atividades de risco ambiental.	Adoção de infraestrutura e equipamentos nos locais identificados onde há atividades que oferecem riscos de acidentes ambientais.

Figura 16: Requisitos da categoria GE - gestão do edifício.

4.7 Requisitos da categoria AI – ambiente interno

A categoria Gestão A categoria Ambiente Interno (AI) trata de questões relacionadas ao ar, conforto higrotérmico, ruídos, qualidade da água, dentre outros assuntos relacionados ao ambiente interior. O ambiente interno influenciará no conforto e a saúde dos usuários e trabalhadores, conforme preceitua a norma ISO / TS 21931-1. A categoria AI é abordada por onze subcategorias:

- Condições higrotérmicas;
- Controle de ruído;
- Acesso à luz natural;
- Acesso à vista exterior;
- Qualidade da iluminação;

- Condições de odor;
- Qualidade do ar interior;
- Qualidade da água;
- Intensidade de magnetismos;
- Substâncias Contaminantes; e
- Controle de microrganismos.

AI1 - Condições Higrotérmicas	
Requisitos	Indicadores
AI1.1 - Implementar medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno.	Medidas adotadas para proteção ótima quanto ao sol e calor, empregando as características de ventos do local, orientando o edifício e organizando espaços.
AI1.2 - Criar condições de conforto higrotérmico de inverno.	Obtenção e controle de níveis adequados de temperaturas nos diferentes ambientes em período de ocupação, conforme sua destinação.
AI1.3 - Criar condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes climatizados naturalmente e artificialmente.	Medidas adotadas para assegurar conforto térmico, ventilação adequada e controlada.
AI2 - Controle de Ruído	
Requisitos	Indicadores
AI2.1 - Otimizar a forma, volume e a posição dos ambientes entre si e em relação aos ruídos exteriores.	Medidas arquitetônicas adotadas considerando os ruídos provenientes de atividades próprias, ruídos exteriores e os usos dos ambientes.
AI2.2 - Controlar os ruídos internos dos ambientes.	Medidas adotadas para minimizar os ruídos ocasionados por atividades de uso e operação dos ambientes internos ruidosos.
AI3 - Acesso à Luz Natural	
Requisitos	Indicadores
AI3.1 - Dispor de acesso à luz do dia e à iluminância natural nos ambientes de permanência prolongada.	Disponibilidade de acesso à luz aos funcionários por acesso direto ou por componentes de passagem de luz.
AI4 - Acesso à Vista Exterior	
Requisitos	Indicadores
AI4.1 - Dispor de acesso à vista exterior nos ambientes de permanência prolongada.	Disponibilidade de acesso à vista externa aos funcionários, no sentido horizontal de plano de visão.
AI5 - Qualidade da Iluminação	
Requisitos	Indicadores
AI5.1 - Dispor de níveis de iluminância ótimos e confortáveis de acordo com as atividades previstas para os ambientes e evitando o ofuscamento.	Soluções adotadas para garantir qualidade e quantidade de iluminação natural e artificial nos ambientes, permitindo controle e uniformidade.

AI6 - Condições de Odor	
Requisitos	Indicadores
AI6.1 - Identificar, reduzir os efeitos e limitar as fontes de odores.	Conhecimento das fontes internas e externas para adotar soluções visando reduzir incômodos nos ambientes internos.
AI7 - Qualidade do Ar Interior	
Requisitos	Indicadores
AI7.1 - Melhorar a de qualidade do ar interior na fase de construção.	Definição e implementação de estratégias para melhorar a qualidade do ar interior durante a construção.
AI7.2 - Conhecer e escolher produtos da construção para limitar os impactos à qualidade do ar interior e à saúde humana.	Conhecimento das características de produtos de uso em interiores considerando aspectos sanitários nas escolhas visando poluentes nocivos à saúde.
AI7.3 - Identificar, monitorar e controlar locais onde há concentração de gases nocivos à saúde.	Medidas adotadas para garantir o controle sobre efeitos indesejados à saúde.
AI7.4 - Assegurar vazões de ar adequadas às atividades dos ambientes.	Taxas de insuflamento e exaustão de ar por ambiente.
AI7.5 - Assegurar a manutenção das vazões de ar.	Medidas adotadas para garantir a manutenção das vazões de ar previstas em projeto.
AI8 - Qualidade da Água	
Requisitos	Indicadores
AI9.1 - Separar a rede de água potável das redes de água não potável.	Identificação das tubulações de água potável e não potável para evitar usos incorretos.
AI9 - Intensidade de Magnetismos	
Requisitos	Indicadores
AI10.1 - Identificar as fontes internas e externas de energia emissoras de ondas eletromagnéticas para minimizar efeitos indesejados.	Implementação de barreiras para proteção contra radiações e emissões eletromagnéticas.
AI10 - Substâncias Contaminantes	
Requisitos	Indicadores
AI12.1 - Identificar os locais com condições de higiene específicas.	Medidas adotadas para melhorar as condições de higiene em locais que requeiram cuidados específicos.
AI12.2 - Criar condições para controle de substâncias contaminantes.	Medidas adotadas para criar as condições de controle sobre substâncias contaminantes.
AI11 - Controle de Microrganismos	
Requisitos	Indicadores
AI13.1 - Identificar locais que favoreçam o crescimento fúngico e bacteriano e adotar medidas para minimizar riscos à saúde.	Medidas adotadas para restringir a proliferação de fungos e bactérias.

5. Conclusões e considerações finais

Nos últimos anos, as empresas da construção civil no Brasil passaram a procurar as certificações ambientais para principalmente atestar a qualidade ambiental das edificações. Não há um referencial brasileiro específico para empreendimentos de infraestrutura.

Para definir um conjunto sistêmico e abrangente de requisitos de sustentabilidade, aplicáveis às fases de pré-projeto, projeto e execução, procurou-se interpretar a base fornecida pela norma ISO / TS 21931-1, realizar a análise comparativa e organizar as questões de interesse sustentáveis dadas pelos referenciais de certificação ambiental de edifícios selecionados para a pesquisa.

As categorias definidas no trabalho, conforme preceitua a norma ISO / TS 21931-1, compõem a chamada Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (QAEM), conforme a figura 17.



Figura 17: Categorias da Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (QAEM).

Desta maneira, conclui-se que os referenciais estudados fornecem uma série de questões de interesse ambientais, que ao serem organizados, podem ser plenamente aplicáveis aos edifícios em empreendimentos metroviários. As subcategorias da

certificação Processo AQUA se aplicaram à norma ISO em totalidade, enquanto os demais referenciais forneceram itens complementares dadas às especificidades dos edifícios em questão.

É possível afirmar que todas as preocupações ambientais preconizadas na norma ISO / TS 21931-1 foram consideradas no conjunto de requisitos e respectivos indicadores proposto no capítulo 4, onde ficou demonstrado que os objetivos propostos por esta pesquisa foi inteiramente atingidos.

Alguns itens listados na norma ISO / TS 21931-1 dão, do ponto de vista das subcategorias, duplo tratamento às questões de interesse ambiental. Tais itens podem ser distinguidos com maior clareza ao determinar os critérios para a avaliação ambiental, sendo esta determinação uma próxima etapa para a aplicabilidade deste trabalho em um empreendimento metroviário. Esta continuidade proporcionará um referencial técnico de construção sustentável brasileiro e específico para o setor de transporte e edifícios de sistemas metroviários.

Ainda no que se refere à determinação dos critérios para a avaliação ambiental, os resultados da avaliação ambiental dos edifícios devem responder às expectativas da agenda de sustentabilidade definida no trabalho, principalmente no que tange às demandas do artigo 38, referente à Política Estadual de Mudanças Climáticas.

Como no caso dos referenciais de certificação e da norma internacional utilizados nesta pesquisa, a fixação de requisitos e indicadores, e dos respectivos futuros critérios, não significa estabelecer ações que devem ser adotadas por empreendedores e empresas de construção civil para alcançá-los. Assim como neles, não se trata aqui de um "guia de sustentabilidade para edifícios metroviários" a ser seguido.



AEAMESP



Não obstante, o resultado da pesquisa, na qual se observou o empreendimento metroviário sob o ponto de vista do proprietário-empendedor, pode auxiliá-lo ou a seus prepostos em tomadas de decisões, nas fases de pré-projeto, projeto e execução, para obter ganhos de desempenho da qualidade ambiental permanentemente, com a perspectiva do ciclo de vida completo do edifício.

A presente pesquisa é um passo inicial para que a Companhia do Metropolitano de São Paulo possa contribuir de modo pioneiro com a consolidação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável da infraestrutura de transporte metroviário, estabelecendo um método de aplicação dos requisitos, por meio do desenvolvimento de documentação própria e critérios precisos para a natureza dos seus empreendimentos.

A aplicação do Sistema de Gestão do Empreendimento, como presente no Processo AQUA, é recomendável para estruturar os objetivos a serem atingidos pelo empreendedor, que vão do envolvimento das partes interessadas na avaliação até os relatórios de avaliação, resultados e aprendizados, conforme recomendado pela norma ISO / TS 21931-1 e descrito neste trabalho. Trata-se aqui também de uma evolução futura do presente trabalho.

Os resultados da avaliação ambiental dos edifícios devem responder às expectativas da agenda de sustentabilidade definida no trabalho, principalmente no que tange às demandas do artigo 38, referente à Política Estadual de Mudanças Climáticas.