

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

LEONARDO ASSIS LENHARO

**Definição de Requisitos de Sustentabilidade para Edifícios em
Empreendimentos Metroviários**

São Paulo

2014

LEONARDO ASSIS LENHARO

Definição de Requisitos de Sustentabilidade para Edifícios em
Empreendimentos Metroviários

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de pós-graduação *lato-
sensu* em Tecnologia e Gestão na Produção
de Edifícios

Orientador: Prof. Ph.D. Francisco Ferreira
Cardoso

São Paulo

2014

Lenharo, Leonardo Assis

Definição de requisitos de sustentabilidade para edifícios em empreendimentos metroviários / L.A. Lenharo. – São Paulo, 2014.

81 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – POLI.INTEGRA.

1.Metrô 2.Edifícios 3.Meio ambiente 4.Sustentabilidade 5.Empreendimentos metroviários I. Universidade de São Paulo. POLI.INTEGRA II. t.

Agradeço em primeiro lugar à minha família. Agradeço também aos professores do curso, em especial ao professor, coordenador e orientador Francisco Ferreira Cardoso. E aos amigos acumulados ao longo dos anos de exercício profissional, em especial aos companheiros das empresas Ybyrá Arquitetos, CTE e Metrô de São Paulo.

“Nós somos o que pensamos. Tudo que somos surge com nossos pensamentos. Com nossos pensamentos nós fazemos o mundo.” Filosofia budista.

SUMÁRIO:

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVO	4
1.3 MÉTODO DE PESQUISA.....	4
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	4
2. AGENDA DE SUSTENTABILIDADE E EDIFÍCIOS EM EMPREENDIMENTOS METROVIÁRIOS	5
2.1 MEIO AMBIENTE E A CONSTRUÇÃO CIVIL	6
2.2 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	7
2.3 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS	8
2.4 CICLO DE VIDA DE EDIFICAÇÕES.....	9
2.5 O METRÔ E OS EDIFÍCIOS EM EMPREENDIMENTOS METROVIÁRIOS	11
3. BASE PARA MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL ..	18
3.1 OBJETIVO DA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL	18
3.2 COMPREENSÃO DAS PARTES INTERESSADAS	18
3.3 RELEVÂNCIA DO CONTEXTO LOCAL	18
3.4 ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL.....	19
3.5 INTENÇÃO DE USO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO.....	19
3.6 DELIMITAÇÃO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO	22
3.7 DESCRIÇÃO DE PREMISSAS	22
3.8 QUESTÕES PARA A AVALIAÇÃO AMBIENTAL	23
3.9 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL	25
3.10 FONTES DE INFORMAÇÕES.....	26
3.11 AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO	27
3.12 RELATÓRIOS DOS RESULTADOS	27
4. FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE REQUISITOS AMBIENTAIS.....	27
4.1 PROCESSO AQUA – ALTA QUALIDADE AMBIENTAL	28
4.2 LEED – <i>LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN</i>	30

4.3	ISI <i>ENVISION</i>	32
4.4	NSW SUSTAINABLE DESIGN GUIDELINES	34
4.5	ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES	36
5.	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE SUBCATEGORIAS.....	37
5.1	FLUXO DE MASSAS	37
5.2	REFLEXOS NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO	38
5.3	DESEMPENHO DO EDIFÍCIO	38
5.4	GESTÃO DO EDIFÍCIO.....	39
5.5	AMBIENTE INTERNO.....	39
6.	REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE.....	40
6.1	DELIMITAÇÃO DO ESCOPO.....	40
6.2	QUALIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO METROVIÁRIO	41
6.3	CATEGORIA FM – FLUXO DE MASSAS	41
6.3.1	SUBCATEGORIA FM1 – USO DE MATERIAIS	42
6.3.2	SUBCATEGORIA FM2 – USO DE ENERGIA PRIMÁRIA.....	42
6.3.3	SUBCATEGORIA FM3 – USO DE ÁGUA.....	43
6.3.4	SUBCATEGORIA FM4 – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	43
6.4	CATEGORIA RL – REFLEXOS NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO	43
6.4.1	SUBCATEGORIA RL1 – SOLO	44
6.4.2	SUBCATEGORIA RL2 – ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	44
6.4.3	SUBCATEGORIA RL3 – GERAÇÃO DE RUÍDOS.....	45
6.4.4	SUBCATEGORIA RL4 – GERAÇÃO DE ODORES.....	45
6.4.5	SUBCATEGORIA RL5 – ECOSSISTEMA LOCAL E ENTORNO	45
6.4.6	SUBCATEGORIA RL6 – CARGA NA INFRAESTRUTURA.....	46
6.4.7	SUBCATEGORIA RL7 – SOMBREAMENTO, BRILHO OFUSCANTE E BLOQUEIO DE VISUAIS	47
6.5	CATEGORIA DE – DESEMPENHO DO EDIFÍCIO	47
6.5.1	SUBCATEGORIA DE1 – ACESSIBILIDADE	48
6.5.2	SUBCATEGORIA DE2 – ADAPTABILIDADE.....	48
6.5.3	SUBCATEGORIA DE3 – DURABILIDADE	48
6.5.4	SUBCATEGORIA DE4 – DESCONSTRUTIBILIDADE	49
6.5.5	SUBCATEGORIA DE5 – RECICLABILIDADE.....	49
6.5.6	SUBCATEGORIA DE6 – MANUTENIBILIDADE.....	49
6.5.7	SUBCATEGORIA DE7 – SEGURANÇA OPERACIONAL	50
6.6	CATEGORIA GE – GESTÃO DO EDIFÍCIO.....	50

6.6.1	SUBCATEGORIA GE1 – GESTÃO DE RESÍDUOS DE USO E OPERAÇÃO	51
6.6.2	SUBCATEGORIA GE2 – MELHORIAS NO CONFORTO.....	51
6.6.3	SUBCATEGORIA GE3 – REDUÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO	51
6.6.4	SUBCATEGORIA GE4 – CONTROLE DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO	52
6.6.5	SUBCATEGORIA GE5 – ECONOMIA DE ÁGUA	52
6.6.6	SUBCATEGORIA GE6 – TRATAMENTO DE ESGOTO.....	52
6.6.7	SUBCATEGORIA GE7 – MANUTENÇÃO	53
6.6.8	SUBCATEGORIA GE8 – PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.....	53
6.6.9	SUBCATEGORIA GE9 – EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS	53
6.7	CATEGORIA AI – AMBIENTE INTERNO	54
6.7.1	SUBCATEGORIA AI1 – CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS	54
6.7.2	SUBCATEGORIA AI2 – CONTROLE DE RUÍDO.....	55
6.7.3	SUBCATEGORIA AI3 – ACESSO À LUZ NATURAL	55
6.7.4	SUBCATEGORIA AI4 – ACESSO À VISTA EXTERIOR.....	55
6.7.5	SUBCATEGORIA AI5 – QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO.....	56
6.7.6	SUBCATEGORIA AI6 – CONDIÇÕES DE ODOR	56
6.7.7	SUBCATEGORIA AI7 – QUALIDADE DO AR INTERIOR	56
6.7.8	SUBCATEGORIA AI8 – QUALIDADE DA ÁGUA	57
6.7.9	SUBCATEGORIA AI9 – INTENSIDADE DE MAGNETISMOS.....	57
6.7.10	SUBCATEGORIA AI10 – SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES.....	57
6.7.11	SUBCATEGORIA AI11 – CONTROLE DE MICRORGANISMOS	58
7.	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE 1 – EXEMPLO DE FORMULÁRIO PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICOS VISANDO ACOMPANHAMENTO DOS REQUISITOS A ATENDER.....	66
	APÊNDICE 2 – EXEMPLOS DE TABELAS SEPARADAS POR CATEGORIAS PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE AVALIAÇÃO	67

RESUMO

Os requisitos de sustentabilidade para edifícios expressam preocupações diretamente ligadas à melhora do desempenho ambiental das construções. Estes itens representam uma primeira etapa na obtenção de um edifício mais sustentável, pois parametrizar os resultados buscados, por meio de critérios, permite aos agentes envolvidos definir ações a serem adotadas por empreendedores e empresas de construção civil.

Os edifícios em empreendimentos metroviários, por suas características em atender funções específicas, possuem particularidades de programa que não se enquadram por completo nos requisitos e critérios de avaliação dos referenciais técnicos de certificação ambiental de edifícios disponíveis no mercado.

Esta pesquisa estabelece uma lista de requisitos estruturada em categorias, subcategorias e itens de sustentabilidade para os edifícios, visando ampliar o alcance da avaliação de sustentabilidade ao edifício metroviário.

A estruturação desta lista é apoiada pela norma ISO / TS 21931-1, que fornece uma base para o desenvolvimento de métodos de avaliação do desempenho ambiental para empreendimentos de construção civil, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental de edifícios e possibilitar uma base comparativa por meio da avaliação do desempenho ambiental.

Conforme preceitua a norma ISO, a lista de requisitos deste trabalho é composta por cinco categorias: fluxo de massas, reflexos no local do empreendimento, desempenho do edifício, gestão do edifício e ambiente interno.

Para definição dos requisitos, tomou-se conhecimento das necessidades atuais da Companhia do Metropolitano de São Paulo com relação ao tema. Além disto, baseou-se na revisão bibliográfica de quatro referenciais de destaque para certificação de edifícios e também na conceituação subsidiada por trabalhos acadêmicos, publicações e normas técnicas.

Ganhos de desempenho são o grande objetivo a ser atingido. Os benefícios, dentre outros, abrangem: durabilidade das construções, redução de manutenção e conseqüente redução de custos no uso e na operação, ganhos reais de produtividade nos ambientes de trabalho, pioneirismo e melhoria da imagem institucional, além de contribuir para uma política nacional integrada de meio ambiente.

Palavras-Chave: Metrô; Edifícios; Empreendimentos metroviários; Meio ambiente; Sustentabilidade; Responsabilidade ambiental; Construção sustentável; Diretrizes; Requisitos de sustentabilidade.

ABSTRACT

Sustainability requirements for buildings express concerns directly related to the overall improvement in environmental performance. They are a first step towards sustainable buildings; by using criteria that parametrize the intended results, they provide guidelines for actions to be adopted by developers and contractors.

Buildings in metro projects, due to their specific functional characteristics, have program particularities that don't entirely fit into the requirements and evaluation criteria in current building environmental certification reference guides.

This research establishes a list of requirements and related indicators structured into sustainable building categories, subcategories and items in metro projects.

Such framework is supported by the ISO / TS 21931-1 standard, which provides basis for the development of assessment methods concerning environmental performance in construction projects, aiming to improve building environmental quality and enabling a comparative basis through environmental performance assessment.

As provided by ISO standard, this project's list of requirements consists of five categories: mass flow, impacts on local environment, building performance, building management and indoor environment.

In order to define those requirements, the paper based itself on current *Companhia. do Metropolitano de São Paulo* needs on the subject, bibliographical review of four major building certification reference guides, and conceptualization supported by academic papers, publications and technical standards.

Performance gains are the great goal to be achieved. The benefits are, among others: larger building durability, maintenance (and consequently usage and operational) cost reduction, workplace productivity gains, innovation, institutional image improvement, and the contribution to an integrated national environmental policy.

Keywords: Metro; Buildings; Rail Projects; Environment; Sustainability; Responsibility; Green Building; Guidelines; Sustainability Requirements; Sustainability Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição dos recursos financeiros empenhados em um edifício comercial durante seu ciclo de vida. Fonte: CEOTTO, 2007.	3
Figura 2: Possibilidade de interferências em um edifício comercial durante seu ciclo de vida. Fonte: CEOTTO, 2007.....	3
Figura 3: Mapa da rede metroferroviária futura para a região metropolitana de São Paulo. Fonte: CMSP.	12
Figura 4: Exemplo de edificação metroviária, estação elevada em construção. Fonte: Autor.	14
Figura 5: Exemplo de edificação metroviária, estação subterrânea em construção. Fonte: Autor.	15
Figura 6: Exemplo de edificação metroviária, estação subterrânea em uso e operação. Fonte: Autor.	15
Figura 7: Exemplo de edificação metroviária, edifício de apoio à estação. Fonte: Autor.	16
Figura 8: Exemplo de edificação metroviária, terminal de ônibus urbano anexo às estações. Fonte: Autor.....	16
Figura 9: Exemplo de área metroviária, pátio de manutenção em construção. Fonte: Autor. .	17
Figura 10: Exemplo de edificação metroviária, oficinas de manutenção de trens. Fonte: Autor.	17
Figura 11: Relação entre aplicação da avaliação e os estágios do ciclo de vida. (ISO / TS 21931-1)	20
Figura 12: Exemplos de perspectivas das partes interessadas durante o ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).....	21
Figura 13: Interesses dos usuários nas informações da avaliação e os estágios dentro do ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).....	21
Figura 14: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao fluxo de massas.	38
Figura 15: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes aos reflexos no local do empreendimento.....	38
Figura 16: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao desempenho do edifício.....	39
Figura 17: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes à gestão do edifício.	39
Figura 18: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao ambiente interno.....	40
Figura 19: Requisitos da subcategoria FM1 – uso de materiais.	42
Figura 20: Requisitos da subcategoria FM2 – uso de energia primária.....	42
Figura 21: Requisitos da subcategoria FM3 – uso de água.....	43
Figura 22: Requisitos da subcategoria FM4 – produção de resíduos.	43

Figura 23: Requisitos da subcategoria RL1 – solo.	44
Figura 24: Requisitos da subcategoria RL2 – água subterrânea.	45
Figura 25: Requisitos da subcategoria RL3 – geração de ruídos.	45
Figura 26: Requisitos da subcategoria RL4 – geração de odores.	45
Figura 27: Requisitos da subcategoria RL5 – ecossistema local e entorno.	46
Figura 28: Requisitos da subcategoria RL6 – carga na infraestrutura.	47
Figura 29: Requisitos da subcategoria RL7 – sombreamento, brilho ofuscante e bloqueio de visuais.	47
Figura 30: Requisitos da subcategoria DE1 – acessibilidade.	48
Figura 31: Requisito da subcategoria DE2 – adaptabilidade.	48
Figura 32: Requisito da subcategoria DE3 – durabilidade.	49
Figura 33: Requisito da subcategoria DE4 – desconstrutibilidade.	49
Figura 34: Requisito da subcategoria DE5 – reciclabilidade.	49
Figura 35: Requisitos da subcategoria DE6 – manutenibilidade.	50
Figura 36: Requisitos da subcategoria DE7 – segurança operacional.	50
Figura 37: Requisito da subcategoria GE1 – gestão de resíduos de uso e operação.	51
Figura 38: Requisitos da subcategoria GE2 – melhorias no conforto.	51
Figura 39: Requisito da subcategoria GE3 – redução dos efeitos da poluição.	52
Figura 40: Requisitos da subcategoria GE4 – controle dos efeitos da poluição.	52
Figura 41: Requisitos da subcategoria GE5 – economia de água.	52
Figura 42: Requisitos da subcategoria GE6 – tratamento de esgoto.	53
Figura 43: Requisitos da subcategoria GE7 – manutenção.	53
Figura 44: Requisito da subcategoria GE8 – preservação da biodiversidade.	53
Figura 45: Requisito da subcategoria GE9 – emergências ambientais.	54
Figura 46: Requisitos da subcategoria AI1 – condições higrotérmicas.	55
Figura 47: Requisitos da subcategoria AI2 – controle de ruído.	55
Figura 48: Requisitos da subcategoria AI3 – acesso à luz natural.	55
Figura 49: Requisito da subcategoria AI4 – acesso à vista exterior.	56
Figura 50: Requisito da subcategoria AI5 – qualidade da iluminação.	56
Figura 51: Requisito da subcategoria AI6 – condições de odor.	56
Figura 52: Requisitos da subcategoria AI7 – qualidade do ar interior.	57
Figura 53: Requisito da subcategoria AI8 – qualidade da água.	57
Figura 54: Requisito da subcategoria AI9 – intensidade de magnetismos.	57
Figura 55: Requisito da subcategoria AI10 – substâncias contaminantes.	58

Figura 56: Requisito da subcategoria AI11 – controle de microrganismos.	58
Figura 57: Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (QAEM) em cinco categorias.	60
Figura 58: Formulário proposto para acompanhamento do atendimento dos requisitos de sustentabilidade para edifícios metroviários.	66
Figura 59: Tabelas propostas para elaboração dos relatórios de avaliação com indicadores quantitativos de atendimento da QAEM.	67

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
CMSP	Companhia do Metropolitano de São Paulo
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>
ACV	Avaliação do ciclo de vida
VCA	Vala a céu aberto
AQUA	Alta qualidade ambiental
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
ISI	<i>Institute for Sustainable Infrastructure</i>
NSW	<i>New South Wales</i> , estado australiano.
QAEM	Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

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, 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.

Existe a necessidade de mudanças em processos, componentes e soluções construtivas consagradas, além de repensar conceitos para que o desenvolvimento sustentável aconteça na prática. Planejar a sustentabilidade nos empreendimentos significa considerar a extração e o transporte dos materiais e a execução no canteiro de obras, como também todo o ciclo de vida do produto, inserindo diretrizes pertinentes desde a concepção, passando pelo uso e pela operação até a demolição.

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.

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

Este trabalho propõe estabelecer requisitos para avaliação do desempenho ambiental da edificação metroviária, abordando o tema para que as questões levantadas sirvam de diretrizes para a concepção 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 rotinas relacionadas às fases de uso e operação, e a atividade de desconstrução desses edifícios, bem como tudo que se refere aos trens e à infraestrutura de vias, não possuem requisitos específicos, portanto, não fazem parte do escopo de cobertura 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 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

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

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.

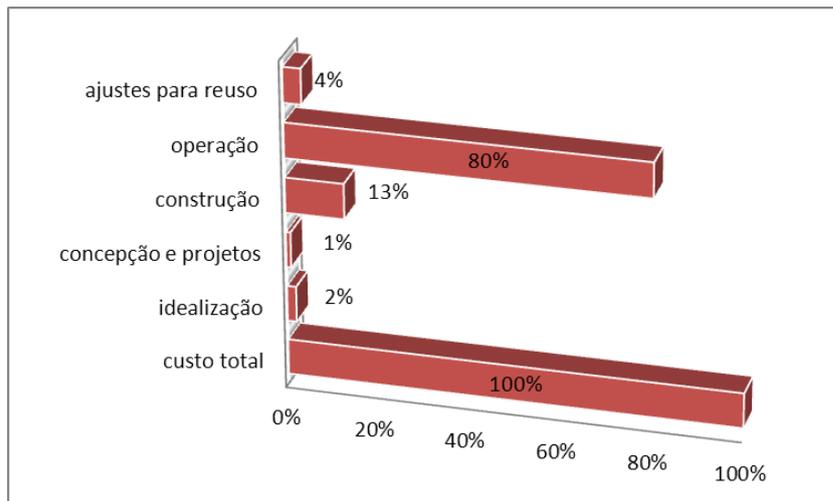
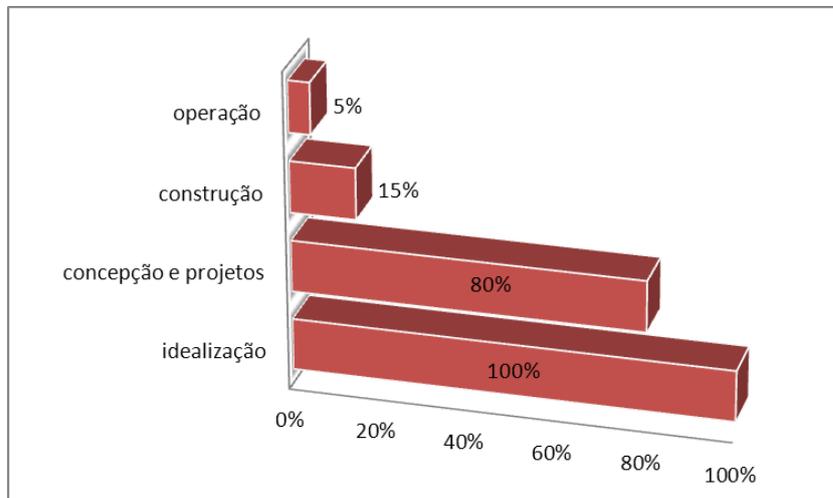


Figura 2: Possibilidade de interferências em um edifício comercial durante seu ciclo de vida. Fonte: CEOTTO, 2007.



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

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é estruturar um conjunto de requisitos de sustentabilidade para avaliar edifícios de empreendimentos metroviários nas fases de programa, projeto e construção, sob o ponto de vista do proprietário-empendedor.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta monografia é de análise teórica por meio de revisão bibliográfica. Para atingir o objetivo proposto, a pesquisa percorreu as seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica de periódicos, livros, teses e dissertações pertinentes ao tema para a consolidação e o embasamento da agenda de sustentabilidade pretendida;
- Revisão e entendimento das recomendações expressas na norma ISO / TS 21931-1 *Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works – Part 1: Buildings*;
- Revisão bibliográfica dos guias referenciais Processo AQUA, LEED, ISI *Envision* e NSW *Sustainable Design Guidelines* e da Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações PROCEL-Edifica;
- Comparativo entre o referencial Processo AQUA e a norma ISO / TS 21931-1 para embasamento da lista de requisitos;
- Composição de lista de requisitos de sustentabilidade para edifícios em empreendimentos metroviários.

O pesquisador é arquiteto em empresa do setor metroviário, exerce este cargo na Companhia do Metropolitano de São Paulo dentro do Departamento Técnico da Operação, e por se tratar de um trabalho baseado em análise teórica, entende-se que este fato somente trouxe benefícios à pesquisa.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa está estruturada em oito capítulos e dois apêndices:

- 1) Introdução;

- 2) Agenda de sustentabilidade e edifícios em empreendimentos metroviários;
- 3) Base para método de avaliação do desempenho ambiental;
- 4) Ferramentas de avaliação de requisitos ambientais;
- 5) Análise de correlação entre subcategorias;
- 6) Requisitos de sustentabilidade;
- 7) Considerações finais e conclusão;
- 8) Referencias bibliográficas;
- 9) Apêndice 1 – Exemplo de formulário para elaboração dos relatórios de diagnósticos visando acompanhamento dos requisitos a atender;
- 10) Apêndice 2 – Exemplo de tabelas separadas por categorias para elaboração dos relatórios de avaliação.

O primeiro capítulo está dividido em quatro partes e abrange a justificativa, o objetivo, o método de pesquisa e a estruturação do trabalho. O segundo define a agenda de sustentabilidade e a relação desta com os edifícios em empreendimentos metroviários para este trabalho, estabelecendo o alcance pretendido pela pesquisa. Em função da agenda, o terceiro capítulo faz o embasamento para iniciar o trabalho de elaboração dos requisitos, dado pela norma ISO / TS 21931-1. O quarto capítulo apresenta algumas ferramentas de avaliação de requisitos ambientais disponíveis e utilizadas atualmente no Brasil e no mundo. O quinto analisa por meio de matrizes as correlações entre as subcategorias listadas pela norma ISO / TS 21931-1 e as subcategorias do Processo AQUA, complementando com itens presentes em mais três referenciais técnicos de certificação ambiental. O sexto capítulo lista os requisitos compilados na etapa anterior, montando uma lista considerando as preocupações pertinentes aos edifícios em empreendimentos metroviários. As considerações finais e a conclusão do trabalho se apresentam no sétimo capítulo. No oitavo há as referencias bibliográficas consultadas para esta pesquisa. Os apêndices 1 e 2 apresentam um exemplo para elaboração dos relatórios de diagnósticos e tabelas que exemplificam a apresentação dos relatórios de avaliação, ambos aplicados durante as fases de desenvolvimento do edifício.

2. AGENDA DE SUSTENTABILIDADE E EDIFÍCIOS EM EMPREENDIMENTOS METROVIÁRIOS

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, e com o desenvolvimento sustentável, os aspectos e os 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, coloca a necessidade de elaborar e conceber projetos para a execução de obras e serviços de engenharia a serem contratados pela administração estadual paulista. Tais empreendimentos devem obrigatoriamente considerar:

- Durabilidade e flexibilidade na concepção de espaços e instalações prediais que permitam revitalização futura;
- Melhor desempenho ambiental durante a operação;
- Eficiência energética dos edifícios públicos durante as fases de construção e operação;
- Acessibilidade e mobilidade;
- Redução do consumo de água e de geração de efluentes;
- Reuso de água, quando aplicável;
- Uso racional de recursos naturais no processo construtivo;
- Uso de materiais, equipamentos e sistemas construtivos de menor impacto ambiental;
- Redução dos impactos ocasionados no canteiro de obras e entorno do projeto até a sua desmobilização;
- Redução, reutilização, reciclagem e destinação adequada dos resíduos;
- Solicitação de atendimento dos mesmos critérios por parte dos fornecedores.

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 dos processos construtivos, pois, ao aplicar critérios técnicos de avaliação, estes requerem estudos mais aprofundados para que o desempenho desejado seja atingido.

2.1 MEIO AMBIENTE E A CONSTRUÇÃO CIVIL

Meio ambiente é definido como “a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações” (ABNT NBR ISO 14001, 2004).

Segundo a associação francesa *Haute Qualité Environnementale*, a interação do edifício com o meio ambiente dá-se em momentos distintos de sua existência e envolve diferentes agentes

da cadeia produtiva, dentre os quais as empresas construtoras. E estas, apesar de responsáveis diretamente pela produção, também exercem influência em cada uma das fases do ciclo de vida de um edifício, as quais compreendem planejamento, implantação, uso, manutenção, reabilitação e demolição (DEGANI, 2003).

E ainda, no que tange a produção dos edifícios, ARAUJO (2009) coloca que o meio ambiente no qual o canteiro de obras de uma empresa construtora opera envolve os meios físico (água, solo e ar), biótico (flora e fauna) e antrópico (trabalhadores, vizinhança e sociedade) do local onde a obra está inserida.

O grande desafio é construir com responsabilidade para atender às demandas presentes e futuras. Conforme JOHN, AGOPYAN (2011), o desafio é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e para as futuras gerações.

Quando se fala de sustentabilidade na construção constata-se que não basta ter foco apenas nas construtoras. Isso porque os impactos do setor começam antes mesmo da produção de qualquer material e se estendem até o fim da vida útil do empreendimento (CBIC, 2012).

Segundo JOHN, AGOPYAN (2011), a Construção Civil deve enfrentar este novo desafio contundentemente, estabelecendo uma agenda com metas a curto, médio e longo prazo, propondo medidas e desenvolvendo programas que reduzam significativamente o impacto ambiental das atividades do setor, em colaboração com o governo e as entidades ambientalistas, para a melhoria da nossa qualidade de vida. O prazo deve ser suficiente para permitir ao mercado se ajustar adequadamente, evitando ou minimizando o desemprego ou a elevação de preços e produtos. Mais ainda, ela deve divulgar espontaneamente, e sem receios, seus avanços e suas dificuldades para que a sociedade como um todo seja bem informada e não adote medidas precipitadas e inadequadas. Por fim, não se pode esquecer que a Construção Civil pode, e já tem demonstrado no exterior, contribuir para a recuperação de áreas degradadas, passando a ser um instrumento útil para melhoria do meio ambiente.

2.2 A CONSTRUÇÃO CIVIL E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, conforme consta no Relatório de Brundtland de 1987, como sendo o desenvolvimento que

“satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades.”³

O setor de construção de hoje possui um enorme impacto ecológico. O setor de construção é o maior contribuinte de emissões de gases do efeito estufa (GHG) globais, com aproximadamente um terço do uso final da energia global sendo feito por edifícios. Além disso, o setor de construção é responsável por mais de um terço do consumo global de recursos, incluindo 12% de todo o uso de água potável, além de contribuir significativamente para a geração de resíduos sólidos, estimada em 40% do volume total. Portanto, o setor de construção é fundamental para qualquer tentativa de utilização de recursos de forma mais eficiente (PNUD, 2012).

Para obter-se um crescimento econômico e social responsável, pretendendo um ambiente saudável para as gerações futuras, os gestores da construção civil deverão repensar processos, componentes e soluções construtivas que provejam: o consumo indiscriminado; a escassez de recursos naturais não renováveis; a geração excessiva de resíduos e efluentes; a poluição do ar, das águas e dos solos; impactos ocasionados pelo canteiro de obras ao entorno; a informalidade no mercado de trabalho, dentre outros aspectos que geram impactos nocivos.

Sendo assim, a construção civil no Brasil necessariamente deverá se encaminhar para o desenvolvimento sustentável seguindo uma agenda local. Conforme descreve DEGANI (2003), o conceito de construção sustentável deve variar conforme as prioridades de cada país e relaciona-se com seu clima, cultura, tradições construtivas, estágio de desenvolvimento industrial, natureza das edificações existentes e características dos diversos agentes envolvidos no processo construtivo de cada país.

2.3 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Aspecto ambiental é o “elemento das atividades ou produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, cuja significância é dada pelo seu poder de gerar um impacto ambiental significativo, em intensidade ou frequência (ABNT NBR ISO 14001, 2004).

Impacto ambiental pode ser definido como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização” (ABNT NBR ISO 14001, 2004).

³ WCED. *Our common future*, 1987 <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> visitado em dezembro de 2013.

Portanto, projetar e construir edifícios ou quaisquer outras ações durante seu uso, operação e manutenção envolvem aspectos ambientais intrínsecos que podem provocar impactos ambientais. Estes impactos atingem os meios físico, biótico e antrópico, alterando suas características originais.

Neste contexto, edifícios em empreendimentos metroviários possuem características que merecem atenção especial. A começar pela escala, são empreendimentos de grandes proporções. Além disso, as estações possuem áreas subterrâneas confinadas e há a utilização de óleo em equipamentos elétricos e geradores, por exemplo. Em pátios de manutenção, há áreas de armazenamento de produtos químicos, oficinas e postos de combustíveis, além da lavagem do material rodante que gera efluentes com graxa, óleo e outros contaminantes.

Como em qualquer outro tipo de edificação, é nas fases de concepção ou programa e projeto que são definidas as características que permitirão ao edifício ter um desempenho ambiental adequado ao longo da sua vida útil.

2.4 CICLO DE VIDA DE EDIFICAÇÕES

A vida útil é um período de tempo desejado, projetado ou requerido para um determinado nível de desempenho previsto, e a durabilidade é a capacidade do componente, do elemento, do sistema ou até da construção como um todo de atender ao desempenho previsto durante certo período de tempo. A durabilidade de um sistema deve ser compatível com a vida útil especificada (BORGES, 2008)

A ferramenta para medir a vida útil, ou o ciclo de vida, é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Em outras palavras, a ACV é o procedimento de analisar formalmente a complexa interação de um sistema, que pode ser um material, um componente ou um conjunto de componentes com o ambiente ao longo de todo o seu ciclo de vida, caracterizando o que se tornou conhecido como enfoque do “berço ao túmulo”, *cradle-to-grave* (SILVA, 2003).

A ABNT NBR ISO 14040:2009 descreve os princípios e a estrutura de uma avaliação de ciclo de vida (ACV).

A ACV é a compilação e a avaliação de entradas, de saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. A ACV mede, de forma sistemática, os aspectos e os impactos ambientais de sistemas de produto, desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final, de acordo com o objetivo e o escopo estabelecidos (ABNT NBR ISO 14040, 2009).

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14040:2009, um estudo de ACV é composto por quatro fases:

- Definição de objetivo e escopo;
- Análise de inventário;
- Avaliação de impactos; e
- Interpretação.

A norma ABNT NBR ISO 14040:2009 também cita que o escopo, incluindo as fronteiras e o nível de detalhamento, depende do objeto e do uso pretendido do estudo. A profundidade e a abrangência dos estudos de ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular. Em alguns casos, o objetivo de uma ACV pode ser alcançado pela realização apenas de uma análise de inventário e de uma interpretação. Este procedimento é usualmente denominado de Inventário de Ciclo de Vida (ICV), que não pode ser confundido com a fase de análise de inventário de um estudo da ACV. Uma ACV é uma entre várias técnicas de gestão ambiental e pode não ser a técnica mais apropriada para todas as situações. A ACV tipicamente não enfoca aspectos sociais e econômicos de um produto, mas a abordagem de ciclo de vida e as metodologias descritas nesta norma podem ser aplicadas a estes outros aspectos.

Relacionando o tema deste trabalho à ACV, SILVA (2003) diz que uma meta perseguida por todos os esquemas de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios existentes é a minimização da subjetividade da avaliação. A ACV procura atingir o mesmo objetivo, isto é, retratar objetivamente um determinado produto em termos de fluxos de entrada (consumo de recursos) e saída (emissões e resíduos) de um sistema, minimizando a interferência de decisões subjetivas dos analistas. Uma segunda virtude importante da ACV é lançar uma visão holística sobre o processo global de produção e utilização do produto e partir do princípio de que todas as suas fases geram impactos sobre o ambiente e, portanto, devem ser consideradas. Estender este conceito para avaliar o desempenho ambiental de um edifício significa gerar informações quanto aos fluxos de recursos e emissões, definidos pela implantação e pela orientação; quanto ao processo de construção; à seleção de materiais (uso de recursos, produção e transporte envolvidos); à flexibilidade de projeto; ao planejamento da operação e ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição gerados ao longo de sua vida útil.

Edifícios em empreendimentos metroviários são fundamentalmente de base infraestrutural para uma cidade ou região. Ao iniciar o empreendimento, ainda em fase de concepção, deve-

se analisar profundamente a vida útil que se deseja para as edificações, pois, dadas suas características, tendem a ter vida útil acima de 100 anos.

É importante atentar à qualidade e à durabilidade de produtos, sistemas e processos construtivos especificados e efetivamente utilizados, além das respectivas garantias técnicas para atender às expectativas de projeto. Materiais e serviços de qualidade assegurada contribuem também para estender a vida útil ou ao menos não antecipar a obsolescência da edificação.

2.5 O METRÔ E OS EDIFÍCIOS EM EMPREENDIMENTOS METROVIÁRIOS

A Companhia do Metropolitano de São Paulo (CMSP) foi constituída em 24 de abril de 1968 pela prefeitura desta cidade. Atualmente administrado pelo governo do estado, o Metrô de São Paulo possui quatro linhas em operação, 65,3 km de rede, 58 estações. Há ainda a Linha 4-Amarela, construída pela CMSP e operada por meio de concessão por empresa privada.

Em 2014, para expansão de sua rede, há quatro frentes de trabalho simultâneas.⁴ A primeira é o prolongamento da Linha 5-Lilás, ligando a Estação Largo Treze, em Santo Amaro, à Estação Chácara Klabin que pertence à Linha 2-Verde. A ampliação dessa linha, para 19,9 km de extensão e 17 estações, permitirá atender diariamente 770 mil passageiros.

Estão também em andamento as obras do monotrilho, que será a Linha 15-Prata entre os bairros do Ipiranga e de Cidade Tiradentes. Ao final da obra, serão 18 estações, 25,8 km de vias elevadas, com projeção de receber 500 mil usuários por dia.

A primeira fase do monotrilho da Linha 17-Ouro terá 7,7 km de extensão, fazendo a ligação estratégica entre o Aeroporto de Congonhas e a Estação Morumbi da Linha 9-Esmeralda, da CPTM, e atenderá a um público estimado de quase 100 mil usuários por dia.

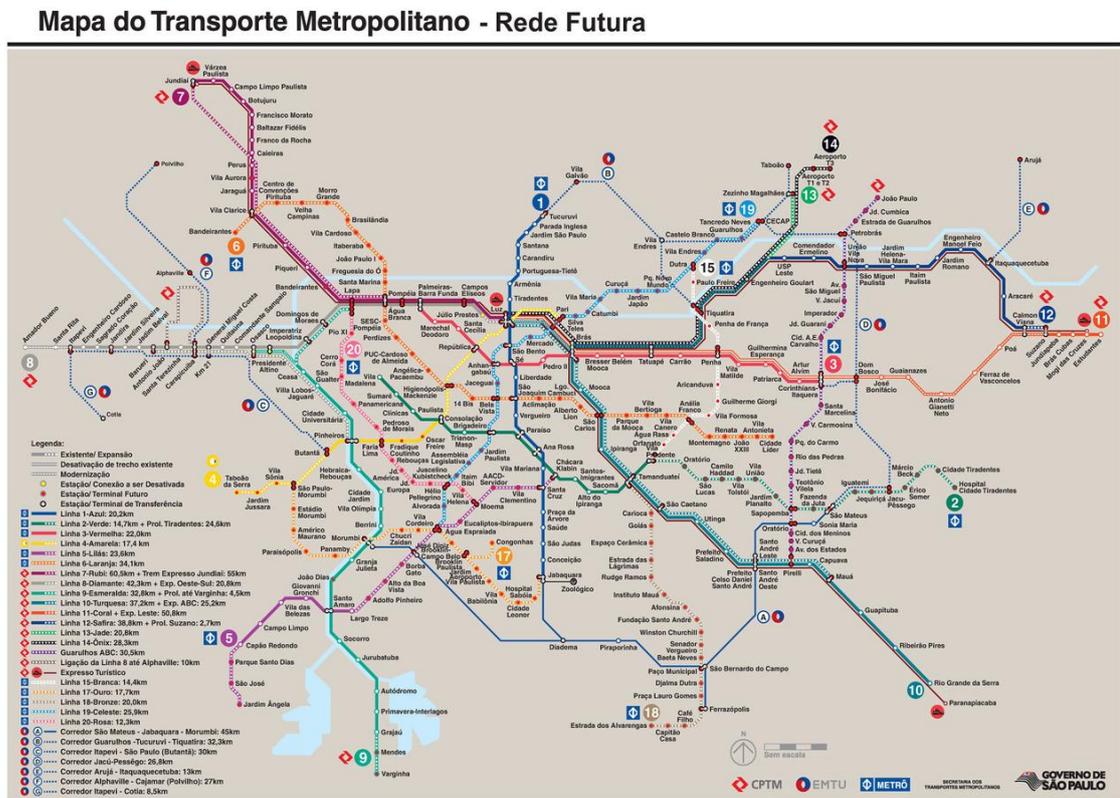
O quarto grande empreendimento atual da CMSP é a Fase 2 da Linha 4-Amarela, que terá, ao ser finalizada, 12,8 km de trilhos e 11 estações, beneficiando perto de 1 milhão de usuários por dia. Nesta segunda fase serão entregues à operação mais cinco estações: Higienópolis-Mackenzie, Oscar Freire, Fradique Coutinho, São Paulo-Morumbi e Vila Sônia.

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

⁴ CMSP <http://www.metro.sp.gov.br/obras/canal-relacionamento.aspx>. visitado em dezembro de 2013.

existente estação São Joaquim e a Linha 18-Bronze, que tem como destino a cidade de São Bernardo do Campo.

Figura 3: Mapa da rede metroferroviária futura para a região metropolitana de São Paulo. Fonte: CMSP.



Diferentes sistemas de transporte foram concebidos para atender uma determinada demanda de passageiros em função da sua capacidade em transportar. Em regiões metropolitanas, o transporte de massa cumpre o papel de estruturador na dinâmica de mobilidade das cidades.

São considerados sistemas de transporte de massa urbanos: o corredor de ônibus, o corredor de trólebus, o veículo leve sobre trilhos (VLT) ou metrô leve, o monotrilho, o trem metropolitano e o metrô (DUWE, HADLICH, VELO *et alli*, 2012).

O metrô possui trens com alta capacidade em transportar passageiros e por esta característica é citado como metrô pesado. Para atender esse objetivo necessita de uma tecnologia em que os seguintes elementos são essenciais: via absolutamente segregada; veículos rigidamente guiados; energia propulsora elétrica; tipo de serviço diferenciado, de alto nível, integrado aos outros modos de transporte e que garanta uma capacidade de transporte nas horas de pico, de no mínimo 35 mil passageiros por hora por sentido para os metrôs leves e acima de 60 mil passageiros por hora por sentido para os metrôs pesados (ALOUCHE, 2011).

As vias, as estações e os demais componentes do sistema podem ser construídos em subterrâneos, réis do chão ou elevados. Optar por uma destas modalidades envolve diversas questões, relacionadas à segurança do sistema, interferências urbanas, características geológicas do local a implantar a linha e, principalmente, por questões financeiras.

Linhas subterrâneas ocasionam menor impacto na superfície, comparado com trechos elevados ou de superfície, sendo mais apropriadas para regiões altamente adensadas, apesar do custo mais elevado para a construção. Dado que a operação metroviária exige rigor quanto à segregação de suas vias, esta modalidade também preserva o sistema, minimizando interrupções na circulação de trens.

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 (DUWE, HADLICH, VELO *et alli*, 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 DUWE, HADLICH, VELO *et alli* (2012), podem chegar a 20% do seu interior total e funcionam 24 horas por dia. São salas de escritórios para funcionários da estação, refeitórios, depósitos, sanitários e vestiários, áreas de descanso, sala de primeiro socorros, salas de equipamentos dos sistemas hidráulicos, 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.

Figura 4: Exemplo de edificação metroviária, estação elevada em construção. Fonte: Autor.



Figura 5: Exemplo de edificação metroviária, estação subterrânea em construção. Fonte: Autor.



Figura 6: Exemplo de edificação metroviária, estação subterrânea em uso e operação. Fonte: Autor.



Figura 7: Exemplo de edificação metroviária, edifício de apoio à estação. Fonte: Autor.



Figura 8: Exemplo de edificação metroviária, terminal de ônibus urbano anexo às estações. Fonte: Autor.



Figura 9: Exemplo de área metroviária, pátio de manutenção em construção. Fonte: Autor.



Figura 10: Exemplo de edificação metroviária, oficinas de manutenção de trens. Fonte: Autor.



3. BASE PARA MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

Esta parte do trabalho apresenta 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.

3.1 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. Isso 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, pelo transporte, pela operação, pela reforma e até pela 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.

3.2 COMPREENSÃO DAS PARTES INTERESSADAS

O desempenho ambiental de um edifício está relacionado com suas características e será compreendido diferentemente pelas partes interessadas dependendo do seu ponto de vista, como por exemplo, se a edificação é considerada como um conjunto de componentes montados de maneira integrada, se a edificação é parte de um processo ou se a edificação é considerada como espaço construído para usos diversos (ISO / TS 21931-1).

3.3 RELEVÂNCIA DO CONTEXTO LOCAL

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

A norma ISO / TS 21931-1 preceitua que, na prática, normas e recomendações pertinentes ao desempenho ambiental de edifícios, sejam de base regional ou nacional, possam ser verificadas e melhoradas para o uso na estruturação da avaliação. É requerida transparência

para comparação entre países e regiões e, sempre que possível, o método de cálculo deve ser padronizado.

3.4 ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

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

A norma ISO / TS 21931-1 preceitua que na documentação pertencente à avaliação deverão constar:

- Responsáveis pela avaliação;
- Reconhecimento do organismo responsável pela avaliação em nível regional e organizacional;
- Processo de elaboração e revisão do método e da avaliação;
- Envolvimento das partes interessadas nesta avaliação.

Ainda prescreve que o método de avaliação deve envolver e prover os seguintes itens, que devem constar em documentos:

- 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;
- Relatório dos resultados alcançados.

3.5 INTENÇÃO DE USO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O uso pretendido da avaliação deve ser claramente estabelecido, podendo abranger:

- Projeto de um novo edifício;
- Avaliação de um edifício existente;
- Melhoria da operação;
- Projeto de modernização; e
- Projeto para a desconstrução e a disposição final dos resíduos resultantes.

O desempenho ambiental de um edifício deve ser avaliado em atividades operacionais, incluindo novas construções, remodelação ou renovação.

As relações entre o período de aplicação da avaliação e os estágios do ciclo de vida do edifício estão ilustradas conforme a Figura 4.

Figura 11: Relação entre aplicação da avaliação e os estágios do ciclo de vida. (ISO / TS 21931-1)

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			>○<			
b) Avaliação de um edifício existente					>○<	
c) Melhorias na operação					>○<	
d) Planejamento para modernização					>○<	
e) Planejamento para desconstrução						>○<

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 5 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.

Figura 12: Exemplos de perspectivas das partes interessadas durante o ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).

Fase do ciclo de vida/Estágios	Agentes/Partes Interessadas					
	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						

A Figura 6 mostra o interesse dos usuários nas informações da avaliação e o respectivo estágio no ciclo de vida pertinente a estes usuários.

Figura 13: Interesses dos usuários nas informações da avaliação e os estágios dentro do ciclo de vida do edifício (ISO / TS 21931-1).

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 ambiental orientado para a operação Comunicação entre as partes interessadas para operação do edifício Melhoria contínua da operação do edifício	

Conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, as Figuras 4, 5 e 6 mostram que, dependendo do uso pretendido, os métodos de avaliação podem variar de acordo com seu usuário e seus beneficiários, bem como o estágio no ciclo de vida do edifício nos quais os métodos são aplicados.

3.6 DELIMITAÇÃO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A norma ISO / TS 21931-1 preceitua que o método para a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios deve definir claramente os limites do sistema de avaliação, estabelecendo o escopo e a abrangência, o espaço físico do empreendimento, o período e os recursos a serem considerados ou desconsiderados na avaliação.

A delimitação do sistema é determinada pela intenção no uso do método de avaliação, pelos seus usuários e beneficiários, pela intenção quanto aos estágios do ciclo de vida do edifício nos quais o método será aplicado e pela pretensão assumida subjacente em uma avaliação.

Idealmente, a avaliação deve incluir todo o edifício, seu terreno e entorno, além de todo seu ciclo de vida. Deve estar claramente justificado se a avaliação se restringe a uma parte do edifício ou parte do seu ciclo de vida, ou se há restrição a qualquer outra questão que influencie no desempenho ambiental do edifício.

3.7 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;
- 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 sua influência no transporte dos usuários.

3.8 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 utilizadas 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, como segue:

Questões ambientais de interesse, relacionadas aos impactos ambientais dos edifícios, que devem estar na avaliação, relacionadas ao fluxo destes e aos 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 em uma massa de água, provocando um aumento excessivo de algas).

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;
- Ocupação do solo;
- 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.

Questões de interesse relacionadas com a gestão do edifício devem ser levadas em conta na concepção e no 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 dos 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 microrganismos indesejados, como fungos.

As questões de interesse que envolvem o método de avaliação devem incluir questões especificadas anteriormente. Outras questões também podem ser incluídas para atender objetivos relacionados:

- Relevância das questões ambientais no que tange às partes interessadas a se considerar em tomadas de decisões;
- Comunicação efetiva dos resultados da avaliação entre partes interessadas que compartilham preocupações;
- Expectativa de uso dos resultados da avaliação;
- Observância das leis locais e regulamentações;
- Relevância de aspectos ambientais significativos do edifício com o contexto local;
- Rastreabilidade, transparência e verificabilidade do processo de avaliação;
- Viabilidade técnica da avaliação;
- Evitar questões duplas quando se avalia o desempenho ambiental.

Ainda conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, todas as questões devem ser plenamente descritas, incluindo 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.

3.9 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 qualidade dos dados influencia os resultados da avaliação. Os dados, seguindo princípios científicos e de engenharia, devem vir do próprio edifício

avaliado ou podem ser utilizados dados padronizados a partir de documentos de referência, desde que apropriados para o local da construção. Todos os dados devem ser justificados e documentados.

Sobre a rastreabilidade, a metodologia para a avaliação do desempenho ambiental de um edifício deve indicar a maneira pela qual o desempenho foi verificado e validado, a coerência dos resultados da avaliação fornece rastreabilidade do processo de medição, como também resultados intermediários para análises completas.

No caso da avaliação de informações qualitativas, a unidade funcional de uma construção é uma medida do desempenho dos resultados funcionais do edifício. Primeiramente deve-se fornecer uma referência para assegurar a comparabilidade dos resultados da avaliação de desempenho ambiental. A unidade funcional é o denominador de referência na determinação do desempenho ambiental e é fundamental para a medição do desempenho do edifício e das necessidades dos seus usuários.

A unidade funcional de um edifício pode incluir informações sobre: tipo e uso do edifício (escritórios, fábricas, habitação pública, etc.); período e padrão de uso e ocupação; área útil e volume, vida útil esperada, e possibilidade de adaptabilidade.

Os níveis de referência de informações quantitativas sobre o desempenho ambiental podem ser registrados com uma base comparativa de caráter qualitativo predefinido, como códigos e normas, requisitos de usuário e de avaliação das condições no local onde o edifício está. Nestes casos, a razão ou a referência para estabelecer a base comparativa deve ser claramente documentada.

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.

3.10 FONTES DE INFORMAÇÕES

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.

3.11 AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO

Pontuações individuais representativas, conforme descreve a norma ISO / TS 21931-1, podem auxiliar na leitura dos resultados de uma análise feita com base em vários critérios e indicadores. No entanto, deve notar-se que, mesmo se as pontuações individuais representativas forem numéricas, não é adequada a utilização de métodos estatísticos para tirar conclusões a partir de escalas nominais ou ordinais comuns.

3.12 RELATÓRIOS DOS RESULTADOS

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.

4. 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. Para que a análise seja mais completa, 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*. Complementarmente, para melhor conhecimento de estruturas de avaliação do desempenho ambiental de edificações no Brasil, o capítulo apresenta a etiquetagem de eficiência energética de edificações PROCEL-Edifica.

4.1 PROCESSO AQUA – ALTA QUALIDADE AMBIENTAL

Conforme descreve a Fundação Vanzolini⁵, 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 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. O processo de certificação traz exigências de um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) que permite o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas de desenvolvimento, partindo do comprometimento com um padrão de desempenho definido e traduzido na forma de um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

O referencial do SGE organiza-se segundo os seguintes itens:

- Comprometimento do empreendedor: no qual são descritos os elementos de análise solicitados para a definição do perfil ambiental do empreendimento e as exigências para formalizar tal comprometimento;
- Implementação e funcionamento: no qual são descritas as exigências em termos de organização;
- Gestão do empreendimento: no qual são descritas as exigências em termos de monitoramento e as análises críticas dos processos, de avaliação da QAE e de correções e ações corretivas;
- Aprendizagem: item em que são descritas as exigências em termos de aprendizagem da experiência e de balanço do empreendimento.

Além do estabelecimento de um sistema de gestão específico para o empreendimento, o empreendedor deve realizar a avaliação da qualidade ambiental do edifício em pelo menos três fases, para construção nova e renovações:

- Pré-projeto: fase durante a qual se elabora o programa de necessidades, documento destinado aos projetistas para a concepção arquitetônica e técnica de um empreendimento.

⁵ Fundação Vanzolini <http://www.vanzolini.org.br/hotsite-aqua.asp> visitado em abril de 2014.

- Projeto: fase durante a qual os projetistas, com base nas informações do programa, elaboram a concepção arquitetônica única e técnica de um empreendimento;
- Execução: fase durante a qual os projetos são construídos, tendo como resultado final a construção de um empreendimento.

A avaliação 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.

Para um empreendimento ser certificado pelo Processo AQUA, este deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com três categorias no nível “melhores práticas”, quatro categorias no nível “boas práticas” e máximo sete categorias no nível “base”.

As evidências de gestão e desempenho são submetidas à auditoria da Fundação Vanzolini ao final de cada uma das três fases. As auditorias são presenciais e independentes, asseguram e atestam a conformidade do empreendimento às exigências de gestão e desempenho definidas nos referenciais técnicos.

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 empreendimento será certificado, com emissões dos certificados após as auditorias, uma vez constatado atendimento aos critérios dos Referenciais Técnicos de Certificação e comprovado o alcance do perfil mínimo.

Com o Processo AQUA-HQE, iniciado em 2013, o empreendedor passou a receber dois certificados: um da Fundação Vanzolini Processo AQUA e outro do Cerway HQE, com todos os elementos padronizados internacionalmente.

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.

4.2 LEED – LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN

Conforme descrito pelo *Green Building Council Brasil*⁶ (GBC Brasil), *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, da obra e da operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações.

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.

Conforme o GBC Brasil, a certificação LEED possui sete dimensões a serem avaliadas nas edificações por meio de *check-list*. Todas elas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, recomendações que quando atendidas garantem pontos à edificação.

O nível da certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, sendo estes níveis:

- Certificado – atender aos pré-requisitos e pontuando entre 40 e 49 pontos;
- Prata – atender aos pré-requisitos e pontuando entre 50 e 59 pontos;
- Ouro – atender aos pré-requisitos e pontuando entre 60 e 79 pontos; e
- Platina – atender aos pré-requisitos e pontuando entre 80 e 110 pontos.

⁶*Green Building Council Brasil* <http://www.gbcbrazil.org.br> visitado em abril de 2014.

O GBC Brasil descreve as categorias relacionadas neste sistema de certificação. São elas:

- *Sustainable sites* (Espaço Sustentável): Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor;
- *Water efficiency* (Eficiência do uso da água): Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e nas alternativas de tratamento e reuso dos recursos;
- *Energy & atmosphere* (Energia e Atmosfera): Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como, por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes;
- *Materials & resources* (Materiais e Recursos): Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários;
- *Indoor environmental quality* (Qualidade ambiental interna): Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural;
- *Innovation in design or innovation in operations* (Inovação e Processos): Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria; e
- *Regional priority credits* (Créditos de Prioridade Regional): Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

4.3 ISI *ENVISION*

Conforme descrito pelo *Institute for Sustainable Infrastructure*⁷ (ISI), o *Envision* é um sistema de classificação de infraestrutura desenvolvido para ajudar os projetistas, os construtores e os empreendedores de infraestrutura em direção a níveis crescentes de sustentabilidade. Esse referencial é produto de uma colaboração entre o Programa de Infraestrutura Zofnass Sustentável da Escola de Pós-Graduação da Universidade de Harvard e o ISI.

O sistema fornece uma estrutura holística para a avaliação e a classificação de benefícios social, ambiental e econômicos para todos os tipos e tamanhos de projetos de infraestrutura. Por meio de *check-list*, o sistema avalia, gradua e dá reconhecimento aos empreendimentos de infraestrutura transformacionais e de abordagens colaborativas ao avaliar os indicadores de sustentabilidade ao longo do seu ciclo de vida.

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:
 - Objetivo;
 - Comunidade;
 - Bem-estar.
- Liderança:
 - Colaboração;
 - Gestão;

⁷ *Institute for Sustainable Infrastructure* <https://www.sustainableinfrastructure.org> visitado em abril de 2014.

- Planejamento.
- Alocação de Recursos:
 - Materiais;
 - Energia;
 - Água.
- Mundo Natural:
 - Implantação;
 - Terra e Água;
 - Biodiversidade.
- Clima e Risco:
 - Emissões;
 - Resiliência.

No referencial há sessenta créditos ao todo. Um crédito compreende um indicador de sustentabilidade em um aspecto da preocupação ambiental, social ou econômica. No guia *Envision*, cada seção de créditos apresenta uma descrição e critérios de avaliação com o objetivo de conseguir os pontos associados ao crédito. Um valor de ponto é atribuído para cada nível de realização dentro do crédito. O valor do ponto foi determinado de acordo com a importância do crédito para a sustentabilidade da infraestrutura. Recebe-se o ponto ao cumprir os requisitos estabelecidos pelos critérios de avaliação.

O sistema de avaliação *Envision* visa reconhecer o espectro completo de esforço, desde empreendimentos que adotam medidas para prover melhorias até os que restauram comunidades, ambientes e a economia local. A escala de cinco níveis permite ao empreendedor a flexibilidade para estabelecer os níveis de realização que estão dentro do orçamento. Os níveis, em tradução livre, são:

- Melhorado;
- Aprimorado;
- Superior;
- Conservado; e
- Restaurado.

4.4 NSW SUSTAINABLE DESIGN GUIDELINES

O referencial técnico NSW *Sustainable Designs Guidelines*⁸, 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 do estado principalmente ao:

- Garantir que o desenvolvimento, a expansão e a gestão da rede de transportes sejam sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas;
- Minimizar os impactos dos transportes sobre o ambiente, abrangendo as operações de transporte, infraestrutura, manutenção e atividades empresariais;
- Melhorar a qualidade de vida para os clientes do transporte, fornecendo e promovendo opções de transporte sustentável.

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.

Estes temas, conforme descrito no referencial, apresentam um método para a identificação de iniciativas para maximizar os resultados de desempenho ambiental em empreendimentos de infraestrutura de transporte. O referencial também permite que as equipes de projeto exercitem disciplinas específicas ao aplicar o guia.

⁸ Transport for NSW <http://www.transport.nsw.gov.au/projects/Planning-and-assesment/sustainability> visitado em abril de 2014.

Neste referencial 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.

Quando um item específico não é aplicável ao empreendimento, deve-se justificar o motivo pelo qual tal item foi excluído. As equipes de projeto devem fornecer evidências de iniciativas alcançadas e atendidas.

As diretrizes são destinadas principalmente aos profissionais de planejamento, projeto, construção e manutenção operacional envolvidos em empreendimentos de transporte sobre trilhos em execução pelo governo de Nova Gales do Sul.

As diretrizes abrangem os seguintes tipos de empreendimentos:

- Estações de trem, novas e ampliações;
- Estações de transferência intermodal;
- Estacionamento de veículos automotores;
- Instalações de manutenção e depósitos;
- Infraestrutura civil componente do empreendimento;
- Túneis; e
- Sistemas de veículos leves sobre trilhos.

Cada tipo de ativo (estação, estacionamento, túnel, etc.) fazendo parte do escopo do empreendimento deve cumprir com as orientações relacionadas no referencial. Por meio de uma lista de verificação eletrônica para cada tipo de ativo, é atribuída uma pontuação indicativa de classificação.

As pontuações para atingir níveis diferentes são:

- Menos de 50 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – não cumprimento do sistema de classificação;
- 50 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – o cumprimento mínimo de classificação do projeto;
- 60 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – classificação de sustentabilidade nível bronze do projeto;
- 70 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – classificação de sustentabilidade nível prata;
- 80 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – classificação de sustentabilidade nível ouro;

- Acima de 90 por cento dos itens opcionais aplicados e com pontos alcançados – classificação de sustentabilidade nível máximo, platina.

4.5 ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

O PROCEL-Edifica⁹ Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e as entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil.

Promove o uso racional da energia elétrica em edificações e, com a criação do PROCEL-Edifica, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações.

Buscando o desenvolvimento e a difusão desses conceitos, o PROCEL-Edifica vem trabalhando por meio de seis vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento.

O processo de etiquetagem de edificações no Brasil ocorre de forma distinta para edifícios comerciais, de serviços e públicos e para edifícios residenciais. A metodologia para a classificação do nível de eficiência energética dos primeiros foi publicada em 2009 e revisada em 2010, ano em que também foi publicada a metodologia para classificação dos edifícios residenciais.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é concedida em dois momentos: na fase de projeto e após a construção do edifício. Um projeto pode ser avaliado pelo método prescritivo ou pelo método da simulação, enquanto o edifício construído deve ser avaliado pela inspeção no edifício.

⁹ PROCEL Edifica <http://www.procelinfo.com.br/> visitado em maio de 2014.

5. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE SUBCATEGORIAS

Este capítulo analisa comparativamente 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 um diagnóstico de pertinência, coerência e aplicabilidade ao contexto de empreendimentos metroviários, seguindo a agenda proposta.

É importante destacar que a análise parte dos preceitos da norma ISO / TS 21931-1 em comparação com os requisitos do processo AQUA. As normas LEED, ISI *Envision* e NSW *Sustainable Design Guidelines* foram utilizadas para complementar a lista, inserindo itens para enfatizar uma questão mais específica, conforme coluna da direita “Sistemas Complementares” das figuras 14 a 18.

Todas as figuras deste capítulo foram elaboradas pelo autor deste trabalho.

Portanto, a partir da interpretação da norma ISO / TS 21931-1, se estabelece o conjunto de cinco categorias relacionadas aos aspectos ambientais:

- 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.

5.1 FLUXO DE MASSAS

Em atendimento ao fluxo de massas durante todo o ciclo de vida do edifício, conforme descrito na norma ISO / TS 21931-1, os referenciais selecionados listam as questões apresentadas na Figura 7.

Figura 14: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao fluxo de massas.

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	

5.2 REFLEXOS NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO

Com relação aos reflexos no local do empreendimento no local de sua implantação, os referenciais selecionados listam as questões mostradas na Figura 8.

Figura 15: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes aos reflexos no local do empreendimento.

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 Bicletários e paraciclôs nas estações
	Sombreamento, brilho ofuscante e bloqueio de visuais	1.2 Qualidade dos espaços exteriores 1.3 Impactos do edifício sobre a vizinhança	

5.3 DESEMPENHO DO EDIFÍCIO

Referente ao desempenho do edifício descrito na norma ISO / TS 21931-1, a correlação de requisitos do referencial Processo AQUA e os demais sistemas selecionados são mostrados na Figura 9.

Figura 16: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao desempenho do edifício.

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 desobstruídos

5.4 GESTÃO DO EDIFÍCIO

Com relação à gestão do edifício, a norma ISO / TS 21931-1 e os referenciais selecionados listam as questões mostradas na Figura 10.

Figura 17: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes à gestão 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		

5.5 AMBIENTE INTERNO

Referente aos itens da categoria ambiente interno do edifício, a correlação de requisitos da norma ISO / TS 21931-1, o referencial Processo AQUA e os demais sistemas são apresentados na Figura 11.

Figura 18: Lista dos requisitos ISO / TS 21931-1 referentes ao ambiente interno.

Categoria AMBIENTE INTERNO ISO/TS 21931-1		Subcategorias Correlacionadas com os Sistemas de Certificação Selecionados	
		AQUA	Sistemas complementares
Subcategorias	Condições higrotérmicas	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	

6. 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.

Seguindo os preceitos da norma ISO, a lista está estruturada em cinco categorias e trinta e oito subcategorias. As questões de interesse em sustentabilidade 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, totalizando noventa requisitos.

Todas as figuras deste capítulo foram elaboradas pelo autor deste trabalho.

6.1 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

Esta lista estruturada de requisitos tem o objetivo de avaliar edifícios de empreendimentos metroviários novos em três fases: Programa, Projeto e Construção.

Nesta pesquisa se observa o empreendimento metroviário sob o ponto de vista do proprietário-empendedor, visando inclusive auxiliar os gestores dos empreendimentos em tomadas de decisões nas fases concepção e de construção 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.

6.2 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 noventa 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.

O apêndice 1 do trabalho apresenta um exemplo de formulário para elaboração dos relatórios de diagnósticos, visando acompanhamento dos requisitos a atender, e o apêndice 2 exemplifica tabelas separadas por categorias para elaboração dos relatórios de avaliação.

6.3 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:
 - Esgotamento de recursos materiais não renováveis;
 - Uso de recursos materiais renováveis; e
 - Uso de substâncias consideradas contaminantes ou tóxicas.
- Uso de energia primária:
 - Esgotamento de energia primária não renovável; e
 - Uso de energia primária renovável.
- Uso de água;
- Produção de resíduos:
 - Reuso/reciclagem ou recuperação de energia; e
 - Produção de resíduos para disposição em aterros

6.3.1 SUBCATEGORIA FM1 – USO DE MATERIAIS

O objetivo da subcategoria FM1 é levantar considerações sobre as escolhas de materiais e dos sistemas construtivos no que concernem aos impactos sobre o ambiente, a sociedade e a saúde humana durante todo o ciclo de vida da edificação.

Figura 19: Requisitos da subcategoria FM1 – uso de materiais.

FM1 - Uso de Materiais	
Requisitos	Descrições
FM1.1 - Refletir sobre a desconstrução do edifício.	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 e ciclo de vida simplificada dos produtos de construção, optando por diminuir impactos ambientais.
FM1.3 - Conhecer fornecedores de materiais e serviços.	Conhecimento e escolha 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).	Identificação dos sistemas de condicionamento de ar utilizados no empreendimento, para reduzir danos e os efeitos nocivos à camada de ozônio.

6.3.2 SUBCATEGORIA FM2 – USO DE ENERGIA PRIMÁRIA

A subcategoria FM2 baliza sobre o consumo de energia primária nas fases de construção e uso e operação do edifício, além de preocupações a cerca de cuidados para minimizar desequilíbrios de carga térmica no ambiente interior e a busca por opções de energias renováveis.

Figura 20: Requisitos da subcategoria FM2 – uso de energia primária.

FM2 - Uso de Energia Primária	
Requisitos	Descrições
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.	Conhecimento da transmitância térmica ponderada de envoltórias da edificação para limitar desperdícios energéticos.
FM2.3 - Melhorar a aptidão do edifício.	Conhecimento das necessidades energéticas do edifício e justificativa da otimização do partido arquitetônico visando reduzir o uso de energia.
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.

6.3.3 SUBCATEGORIA FM3 – USO DE ÁGUA

A subcategoria FM3 baliza sobre a economia de água, potável ou não potável, nas fases de construção e uso e operação do edifício.

Figura 21: Requisitos da subcategoria FM3 – uso de água.

FM3 - Uso de Água	
Requisitos	Descrições
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 e otimizar a irrigação.	Identificação de vegetação para o paisagismo que requeira o mínimo possível de água para irrigação.
FM3.4 - Usar água não potável.	Medidas adotadas para a captação, utilização e controle de água para fins não potáveis, identificando as possibilidades de reuso.

6.3.4 SUBCATEGORIA FM4 – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

A subcategoria FM4 baliza sobre a produção e destinação dos resíduos da construção civil gerados na fase de construção do empreendimento.

Figura 22: Requisitos da subcategoria FM4 – produção de resíduos.

FM4 - Produção de Resíduos	
Requisitos	Descrições
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.

6.4 CATEGORIA RL – REFLEXOS NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO

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.

6.4.1 SUBCATEGORIA RL1 – SOLO

A subcategoria RL1 aborda as preocupações com relação aos impactos no solo no local do empreendimento.

Figura 23: Requisitos da subcategoria RL1 – solo.

RL1 - Solo	
Requisitos	Descrições
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 - 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.
RL1.5 - Prover áreas públicas.	Identificação de espaços para a criação, ampliação ou reabilitação, incluindo praças, instalações recreativas, refúgios de vida silvestre, etc.

6.4.2 SUBCATEGORIA RL2 – ÁGUA SUBTERRÂNEA

A subcategoria RL2 aborda as preocupações com relação aos impactos no local do empreendimento referente à poluição de água subterrânea durante a fase de construção e durante o uso e a operação do edifício.

Figura 24: Requisitos da subcategoria RL2 – água subterrânea.

RL2 - Água Subterrânea	
Requisitos	Descrições
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.
RL2.3 - Gerenciar águas de escoamento poluídas.	Recuperação e tratamento de águas de escoamento poluídas para evitar a contaminação da água subterrânea por infiltração no solo.

6.4.3 SUBCATEGORIA RL3 – GERAÇÃO DE RUÍDOS

A subcategoria RL3 trata das preocupações com relação à geração de poluição sonora durante a fase de obra e durante o uso e a operação do edifício.

Figura 25: Requisitos da subcategoria RL3 – geração de ruídos.

RL3 - Geração de Ruídos	
Requisitos	Descrições
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.

6.4.4 SUBCATEGORIA RL4 – GERAÇÃO DE ODORES

A subcategoria RL4 aborda as preocupações com relação à geração de odores e à poluição do ar durante a fase de construção e durante a fase de uso e operação do edifício.

Figura 26: Requisitos da subcategoria RL4 – geração de odores.

RL4 - Geração de Odores	
Requisitos	Descrições
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.

6.4.5 SUBCATEGORIA RL5 – ECOSSISTEMA LOCAL E ENTORNO

A subcategoria RL5 trata das preocupações com relação aos impactos causados ao ecossistema local e ao entorno do edifício durante a fase de construção e fase de uso e operação.

Figura 27: Requisitos da subcategoria RL5 – ecossistema local e entorno.

RL5 - Ecossistema Local e Entorno	
Requisitos	Descrições
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 artificial noturna.	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.	Identificação, preservação e restauro de locais com significados históricos e culturais do entorno para conservação da identidade e memória local.

6.4.6 SUBCATEGORIA RL6 – CARGA NA INFRAESTRUTURA

A subcategoria RL6 trata das preocupações com relação às mudanças geradas pelo empreendimento, sobrecarregando a infraestrutura do local existente antes da sua implantação. As questões levam em conta a fase de construção e a fase de uso e operação do edifício.

Figura 28: Requisitos da subcategoria RL6 – carga na infraestrutura.

RL6 - Carga na Infraestrutura	
Requisitos	Descrições
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.

6.4.7 SUBCATEGORIA RL7 – SOMBREAMENTO, BRILHO OFUSCANTE E BLOQUEIO DE VISUAIS

A subcategoria RL7 aborda as preocupações com relação aos problemas causados pelo empreendimento em relação ao sombreamento sobre vizinhos, brilho ofuscante causado pelo envelope e bloqueio de visuais.

Figura 29: Requisitos da subcategoria RL7 – sombreamento, brilho ofuscante e bloqueio de visuais.

RL7 - Sombreamento, Brilho Ofuscante e Bloqueio de Visuais	
Requisitos	Descrições
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 preexistente.

6.5 CATEGORIA DE – DESEMPENHO DO EDIFÍCIO

A categoria Desempenho do Edifício (DE) observa as características e os atributos das edificações para minimizar os consequentes impactos quanto ao desempenho e às 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.

6.5.1 SUBCATEGORIA DE1 – ACESSIBILIDADE

A subcategoria DE1 trata das questões relacionadas ao acesso às áreas que requerem manutenção, acesso às estações em relação ao contexto urbano e orientação espacial no interior e no exterior destas.

Figura 30: Requisitos da subcategoria DE1 – acessibilidade.

DE1 - Acessibilidade	
Requisitos	Descrições
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.

6.5.2 SUBCATEGORIA DE2 – ADAPTABILIDADE

A subcategoria DE2 solicita uma reflexão sobre o ciclo de vida do empreendimento, prevendo facilitar possíveis adaptações no futuro, postergando a obsolescência das edificações.

Figura 31: Requisito da subcategoria DE2 – adaptabilidade.

DE2 - Adaptabilidade	
Requisito	Descrição
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.

6.5.3 SUBCATEGORIA DE3 – DURABILIDADE

A subcategoria DE3 trata das questões relacionadas às escolhas construtivas, pois delas dependem a vida útil das edificações.

Figura 32: Requisito da subcategoria DE3 – durabilidade.

DE3 - Durabilidade	
Requisito	Descrição
DE3.1 - Adaptar as escolhas construtivas à vida útil desejada para o edifício.	Considerações sobre o desempenho técnico dos produtos, sistemas e processos em função de seu uso para uma vida útil entre 50 e 100 anos.

6.5.4 SUBCATEGORIA DE4 – DESCONSTRUTIBILIDADE

A subcategoria DE4 aborda as questões relacionadas à redução do volume de resíduos na desconstrução do edifício e possibilitando reutilizações.

Figura 33: Requisito da subcategoria DE4 – desconstrutibilidade.

DE4 - Desconstrutibilidade	
Requisito	Descrição
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.

6.5.5 SUBCATEGORIA DE5 – RECICLABILIDADE

A subcategoria DE5 solicita uma reflexão sobre questões relacionadas às possibilidades de revitalização dos edifícios, possibilitando nova perspectiva no ciclo de vida, além da reciclagem dos materiais empregados na construção.

Figura 34: Requisito da subcategoria DE5 – reciclabilidade.

DE5 - Reciclabilidade	
Requisito	Descrição
DE5.1 - Beneficiar o máximo possível de resíduos nos processos de revitalização do edifício.	Reflexão na fase de concepção sobre a reciclabilidade do edifício e dos resíduos provenientes de sua desconstrução parcial.

6.5.6 SUBCATEGORIA DE6 – MANUTENIBILIDADE

A subcategoria DE6 aborda as questões relacionadas às disposições arquitetônicas e às escolhas de produtos da construção para facilitar a manutenção do edifício e consequentemente garantir a vida útil projetada.

Figura 35: Requisitos da subcategoria DE6 – manutenibilidade.

DE6 - Manutenibilidade	
Requisitos	Descrições
DE6.1 - Escolher produtos de fácil conservação e garantir simplicidade de concepção dos sistemas prediais 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.

6.5.7 SUBCATEGORIA DE7 – SEGURANÇA OPERACIONAL

A subcategoria DE7 observa as disposições arquitetônicas para melhorar a segurança operacional do sistema metroviário percebida pelos usuários e pelos funcionários na fase de uso e operação do empreendimento.

Figura 36: Requisitos da subcategoria DE7 – segurança operacional.

DE7 - Segurança Operacional	
Requisitos	Descrições
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.

6.6 CATEGORIA GE – GESTÃO DO EDIFÍCIO

A categoria Gestão do Edifício (GE) trata de questões consideradas na concepção, para sustentação da qualidade ambiental ao longo do ciclo de vida do edifício, em especial na fase de uso e operação. 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.

6.6.1 SUBCATEGORIA GE1 – GESTÃO DE RESÍDUOS DE USO E OPERAÇÃO

A subcategoria GE1 trata das disposições arquitetônicas adotadas para facilitar a gestão dos resíduos provenientes do uso e da operação do edifício, além de estimular e facilitar a coleta de resíduos, encaminhando-os para reaproveitamento e reciclagem.

Figura 37: Requisito da subcategoria GE1 – gestão de resíduos de uso e operação.

GE1 - Gestão de Resíduos de Uso e Operação	
Requisitos	Descrições
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.

6.6.2 SUBCATEGORIA GE2 – MELHORIAS NO CONFORTO

A subcategoria GE2 trata de melhorias adotadas em projeto para proporcionar aos usuários uma experiência mais agradável no sistema metroviário.

Figura 38: Requisitos da subcategoria GE2 – melhorias no conforto.

GE2 - Melhorias no Conforto	
Requisitos	Descrições
GE2.1 - Criar um conforto ambiental exterior satisfatório relacionado às precipitações.	Medidas adotadas para proteção dos efeitos indesejáveis da chuva sobre os usuários do edifício.
GE2.2 - Criar área para ponto de encontros.	Identificação de espaços, nas estações de grande fluxo, posicionados fora da circulação para disponibilizar conveniências aos usuários.

6.6.3 SUBCATEGORIA GE3 – REDUÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO

A subcategoria GE3 aborda as questões relacionadas à organização dos ambientes, por meio das disposições arquitetônicas, visando reduzir os efeitos de fontes internas e externas de poluição.

Figura 39: Requisito da subcategoria GE3 – redução dos efeitos da poluição.

GE3 - Redução dos Efeitos da Poluição	
Requisito	Descrição
GE3.1 - Reduzir os efeitos das fontes de poluição.	Soluções arquitetônicas para a redução dos efeitos das fontes de poluição.

6.6.4 SUBCATEGORIA GE4 – CONTROLE DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO

A subcategoria GE4 observa a necessidade de identificar, conhecer e controlar os efeitos de atividades poluidoras e fontes de poluição.

Figura 40: Requisitos da subcategoria GE4 – controle dos efeitos da poluição.

GE4 - Controle dos Efeitos da Poluição	
Requisitos	Descrições
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.

6.6.5 SUBCATEGORIA GE5 – ECONOMIA DE ÁGUA

A subcategoria GE5 aborda as questões relacionadas à economia de água potável, por meio de soluções economizadoras no ponto de consumo e de soluções para ampliar o uso de água não potável onde, em geral, se consome água potável.

Figura 41: Requisitos da subcategoria GE5 – economia de água.

GE5 - Economia de Água	
Requisitos	Descrições
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.

6.6.6 SUBCATEGORIA GE6 – TRATAMENTO DE ESGOTO

A subcategoria GE6 volta-se ao aumento do volume de esgoto na infraestrutura existente com a implantação do empreendimento e as medidas adotadas para tratamento dos efluentes gerados em atividades poluidoras, possibilitando o reuso da água tratada.

Figura 42: Requisitos da subcategoria GE6 – tratamento de esgoto.

GE6 - Tratamento de Esgoto	
Requisitos	Descrições
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 reuso da água tratada.

6.6.7 SUBCATEGORIA GE7 – MANUTENÇÃO

A subcategoria GE7 observa o acompanhamento do tratamento dado em tubulações e o monitoramento do consumo de água e energia, possibilitando ajustes para melhoria da eficiência dos sistemas implantados.

Figura 43: Requisitos da subcategoria GE7 – manutenção.

GE7 - Manutenção	
Requisitos	Descrições
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.

6.6.8 SUBCATEGORIA GE8 – PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

A subcategoria GE8 observa medidas consideradas para preservar a biodiversidade no local do empreendimento, propiciando qualidade ambiental ao entorno imediato.

Figura 44: Requisito da subcategoria GE8 – preservação da biodiversidade.

GE8 - Preservação da Biodiversidade	
Requisito	Descrição
GE8.1 - Preservar o ecossistema e a biodiversidade.	Preservação da qualidade da biodiversidade e ecológica no local de intervenção do empreendimento.

6.6.9 SUBCATEGORIA GE9 – EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS

A subcategoria GE9 trata dos locais identificados que ofereçam riscos de acidentes ambientais com o provimento de infraestrutura e equipamentos para ação em caso de emergências ambientais.

Figura 45: Requisito da subcategoria GE9 – emergências ambientais.

GE9 - Emergências Ambientais	
Requisito	Descrição
GE9.1 - Prover áreas sob risco ambiental com equipamentos para mitigar contaminações.	Adoção de infraestrutura e equipamentos nos locais identificados onde há atividades que oferecem riscos de acidentes ambientais.

6.7 CATEGORIA AI – AMBIENTE INTERNO

A categoria Ambiente Interno (AI) trata de questões relacionadas ao ar, ao conforto higrotérmico, aos ruídos, à qualidade da água, dentre outros assuntos relacionados ao ambiente interior. O ambiente interno influenciará no conforto e na saúde dos usuários e dos 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.

6.7.1 SUBCATEGORIA AI1 – CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS

A subcategoria AI1 trata das medidas adotadas para garantir conforto aos ocupantes de ambientes internos por meio de trocas de calor sensível e latente.

Figura 46: Requisitos da subcategoria AII – condições higrotérmicas.

AII - Condições Higrotérmicas	
Requisitos	Descrições
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.

6.7.2 SUBCATEGORIA AI2 – CONTROLE DE RUÍDO

A subcategoria AI2 observa as medidas adotadas para controle de ruídos.

Figura 47: Requisitos da subcategoria AI2 – controle de ruído.

AI2 - Controle de Ruído	
Requisitos	Descrições
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.

6.7.3 SUBCATEGORIA AI3 – ACESSO À LUZ NATURAL

A subcategoria AI3 observa os cuidados adotados para disponibilizar luz natural com qualidade para funcionários e usuários nos ambientes internos.

Figura 48: Requisitos da subcategoria AI3 – acesso à luz natural.

AI3 - Acesso à Luz Natural	
Requisito	Descrição
AI3.1 - Dispor de acesso à luz do dia e à iluminância natural nos ambientes internos.	Disponibilidade de acesso à luz por acesso direto ou por componentes de passagem de luz.

6.7.4 SUBCATEGORIA AI4 – ACESSO À VISTA EXTERIOR

A subcategoria AI4 observa os cuidados adotados para disponibilizar vistas ao exterior para funcionários que trabalham em ambientes fechados.

Figura 49: Requisito da subcategoria AI4 – acesso à vista exterior.

AI4 - Acesso à Vista Exterior	
Requisito	Descrição
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.

6.7.5 SUBCATEGORIA AI5 – QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO

A subcategoria AI5 trata das soluções adotadas para a obtenção de níveis adequados de iluminação natural e artificial, visando conforto e condições adequadas aos ocupantes.

Figura 50: Requisito da subcategoria AI5 – qualidade da iluminação.

AI5 - Qualidade da Iluminação	
Requisito	Descrição
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.

6.7.6 SUBCATEGORIA AI6 – CONDIÇÕES DE ODOR

A subcategoria AI6 trata das medidas adotadas para minimizar os efeitos de odores de fontes internas e externas.

Figura 51: Requisito da subcategoria AI6 – condições de odor.

AI6 - Condições de Odor	
Requisito	Descrição
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.

6.7.7 SUBCATEGORIA AI7 – QUALIDADE DO AR INTERIOR

A subcategoria AI7 trata das questões relacionadas às medidas para dar qualidade do ar interior durante a construção e na fase de uso e operação do edifício.

Figura 52: Requisitos da subcategoria AI7 – qualidade do ar interior.

AI7 - Qualidade do Ar Interior	
Requisito	Descrições
AI7.1 - Melhorar a 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.

6.7.8 SUBCATEGORIA AI8 – QUALIDADE DA ÁGUA

A subcategoria AI8 trata das medidas adotadas para proteger a rede de água potável das edificações.

Figura 53: Requisito da subcategoria AI8 – qualidade da água.

AI8 - Qualidade da Água	
Requisito	Descrição
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.

6.7.9 SUBCATEGORIA AI9 – INTENSIDADE DE MAGNETISMOS

A subcategoria AI9 trata das medidas adotadas para proteger usuários e funcionários dos efeitos causados por exposição a fontes eletromagnéticas.

Figura 54: Requisito da subcategoria AI9 – intensidade de magnetismos.

AI9 - Intensidade de Magnetismos	
Requisito	Descrição
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.

6.7.10 SUBCATEGORIA AI10 – SUBSTÂNCIAS CONTAMINANTES

A subcategoria AI10 trata das medidas adotadas para melhorar condições de higiene, de modo a controlar substâncias contaminantes.

Figura 55: Requisito da subcategoria AI10 – substâncias contaminantes.

AI10 - Substâncias Contaminantes	
Requisitos	Descrições
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.

6.7.11 SUBCATEGORIA AI11 – CONTROLE DE MICRORGANISMOS

A subcategoria AI11 trata das medidas adotadas para inibir o crescimento e a proliferação de microrganismos indesejados, que podem causar danos à saúde dos ocupantes.

Figura 56: Requisito da subcategoria AI11 – controle de microrganismos.

AI11 - Controle de Microrganismos	
Requisito	Descrição
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.

7. CONCLUSÃO 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, assim como na elaboração deste trabalho não foi encontrada uma análise que tenha sido realizada para determinar o desempenho ambiental de edifícios em empreendimentos metroviários no País.

É perceptível que, quando não há uso de um processo de certificação, em geral, as empresas observam prioritariamente o controle dos resíduos gerados no canteiro de obras e no consumo de água e energia durante a fase de uso, operação e manutenção por meio de indicadores internos, deixando de lado uma série de outras questões de interesse ambiental que não podem ficar à margem ao se tratar do assunto.

Para definir um conjunto sistêmico e abrangente de requisitos de sustentabilidade, aplicáveis às fases de programa, projeto e construção, procurou-se interpretar a base fornecida pela norma ISO / TS 21931-1, realizar a análise comparativa e organizar as questões de interesse sustentável 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) (Figura 50), e abrangem:

- As questões referentes aos insumos e aos materiais utilizados na fase de construção e aos materiais efetivamente incorporados ao edifício, categoria FM – Fluxo de Massas;
- As questões relacionadas ao local onde o edifício está implantado, RL – Reflexos no Local do Empreendimento;
- As questões inerentes às características e aos atributos do edifício, quanto ao desempenho durante seu ciclo de vida, DE – Desempenho do Edifício;
- As questões de projeto relacionadas à fase uso e operação do edifício, categoria GE – Gestão do Edifício; e
- A categoria que levanta as questões de qualidade do ambiente interno, AI – Ambiente Interno.

Figura 57: Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (QAEM) em cinco categorias.



Desta maneira, conclui-se que os referenciais estudados fornecem uma série de questões de interesse ambiental 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.

A questão dos gases do efeito estufa é tratada em diversos requisitos, pensada desde a escolha dos materiais do edifício passando pela preocupação em restringir o transporte movido por combustível fóssil da estação ao pátio de manutenção durante o uso e operação do sistema metroviário. A demanda não está restrita a um único requisito, está presente em todas as cinco categorias da QAEM.

A subcategoria “*Land Use*” (uso do território), listado pela norma ISO / TS 21931-1 na categoria Fluxo de Massas foi considerada, porém, está presente neste trabalho na categoria Reflexos no Local difundida em diversos requisitos.

É possível afirmar que todas as preocupações ambientais preconizadas na norma ISO / TS 21931-1 foram consideradas no conjunto de requisitos proposto no capítulo 6 do trabalho, no qual ficou demonstrado que os objetivos propostos por esta pesquisa foram inteiramente atingidos.

Os apêndices 1 e 2 apresentam ferramentas exemplares para possibilitar o acompanhamento da qualidade ambiental do edifício metroviário (Figura 51) e a geração de relatórios de indicadores quantitativos do nível de atendimento da Qualidade Ambiental do Edifício Metroviário (Figura 52).

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. Inclusive, nos critérios aparecerão as especificidades dos diferentes tipos de edifícios metroviários abrangidos por este trabalho. 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 capítulo 2 do 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 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".

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 programa, projeto e construção, 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 empendedor, 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 no capítulo 3.4 deste 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 capítulo 2 do trabalho, principalmente no que tange às demandas do artigo 38, referente à Política Estadual de Mudanças Climáticas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALOUCHE, Peter. “**Metrô: definindo os termos...**” in Revista Engenharia nº 607/2011 página 110. São Paulo: Ed. Engenho Editora Técnica Ltda., 2011.

ARAUJO, V. M. **Práticas Recomendadas para a Gestão Mais Sustentável de Canteiros de Obras**. São Paulo, 2009. 230p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14001:2004: **Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14040:2009: **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2013: **Edificações Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. São Paulo, 2008. 263p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CBIC **Guia de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção**; Rafael Tello; Fabiana Batista Ribeiro. - Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012.

CEOTTO, L. H. **A construção civil e o meio ambiente** in Notícias da Construção – SindusCon – SP – São Paulo, 2007. Edições 51 à 54.

Decreto estadual nº 55947, 24 de junho de 2010, Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas.

DEGANI, C. M. **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de Edifícios**. São Paulo, 2003. 223p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DUWE, M.; HADLICH, A.; VELO, E.; JUNIOR, V.; TURRA, C. **Arquitetura de Metrô**. São Paulo: Ed. VJ, 2012.

HOCHTIEF/MONTREAL/DECONSULT, Consórcio HMD; **Sistema Integrado de Transporte Rápido Coletivo da Cidade de São Paulo; 1 - Estudos Sócio Econômicos de Tráfego e de Viabilidade Econômico-Financeira**; São Paulo: PMSP, 1968.

HOCHTIEF/MONTREAL/DECONSULT, Consórcio HMD; **Sistema Integrado de Transporte Rápido Coletivo da Cidade de São Paulo; 2 – Estudo Técnico Pré-projeto de Engenharia**; São Paulo: PMSP, 1968.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO / TS 21931-1:2006. **Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works – Part 1: Buildings**. Geneva, 2006.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Ed. Blucher, 2011.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Ed. Páginas & Letras, 2010.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Edifícios: Investindo em eficiência energética e recursos**. Em: Rumo a uma eco economia verde - Caminhos para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. 2012. Disponível http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/9.0_Buildings.pdf. Acesso em dezembro de 2013.

Referencial Técnico AQUA – Alta Qualidade Ambiental, Edifícios do Setor de Serviços. Fundação Vanzolini. Versão Outubro de 2007.

Referencial Técnico AQUA – Alta Qualidade Ambiental, Edifícios Não Residenciais em Construção. Fundação Vanzolini. Versão Março de 2014.

Referencial Técnico ISI Envision, US Institute for Sustainable Infrastructure. Versão 2.0. 2012.

Referencial Técnico LEED BD+C 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System, USGBC. 2009.

Referencial Técnico NSW, Sustainable Design Guidelines for Rail, New South Wales government. Versão 3.0.

Resolução CONAMA 348, de 16 de agosto de 2004.

SILVA, V. G. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. São Paulo, 2003. 210p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

APÊNDICE 1 – EXEMPLO DE FORMULÁRIO PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICOS VISANDO ACOMPANHAMENTO DOS REQUISITOS A ATENDER

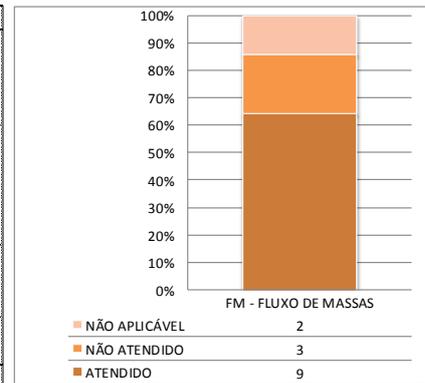
Figura 58: Formulário proposto para acompanhamento do atendimento dos requisitos de sustentabilidade para edifícios metroviários.

REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE - RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICOS	
FM - FLUXO DE MASSAS	
FM1 - USO DE MATERIAIS	
FM 1.1 Refletir sobre a desconstrução dos edifícios em função da vida útil dos	
Intervenções:	ATENDE
Observações:	
FM 1.2 Conhecer a contribuição dos produtos de construção nos impactos ambientais	
Intervenções:	INT.2
Observações:	
FM 1.3 Conhecer e escolher fornecedores que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva	
Intervenções:	N.ATENDE
Observações:	
FM 1.4 Evitar o uso de gases refrigerantes com base em clorofluorcarbono (CFC)	
Intervenções:	N.APLIC.
Observações:	
FM2 - USO DE ENERGIA PRIMÁRIA	
FM 2.1 Limitar o consumo de energia no canteiro de obras.	
Intervenções:	INT.1
Observações:	

APÊNDICE 2 – EXEMPLOS DE TABELAS SEPARADAS POR CATEGORIAS PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE AVALIAÇÃO

Figura 59: Tabelas propostas para elaboração dos relatórios de avaliação com indicadores quantitativos de atendimento da QAEM.

REQUISITOS		ATENDIDO	NÃO ATENDIDO	NÃO APLICÁVEL	
FM - FLUXO DE MASSAS	FM1 Uso de materiais	FM1.1	ATENDIDO		
		FM1.2			
		FM1.3		NÃO ATENDIDO	
		FM1.4	ATENDIDO		
	FM2 Uso de energia primária	FM2.1		NÃO ATENDIDO	NÃO APLICÁVEL
		FM2.2			
		FM2.3	ATENDIDO		
		FM2.4	ATENDIDO		
		FM2.5	ATENDIDO		
	FM3 Uso de água	FM3.1	ATENDIDO		
		FM3.2		NÃO ATENDIDO	
		FM3.3	ATENDIDO		
	FM4 Produção de resíduos	FM4.1	ATENDIDO		
		FM4.2	ATENDIDO		
TOTAL DE 14 REQUISITOS		9	3	2	



REQUISITOS		ATENDIDO	NÃO ATENDIDO	NÃO APLICÁVEL	
RL - REFLEXOS NO LOCAL	RL1 Solo	RL1.1	ATENDIDO		
		RL1.2			
		RL1.3		NÃO ATENDIDO	
		RL1.4	ATENDIDO		
	RL2 Água subterrânea	RL2.1			NÃO APLICÁVEL
		RL2.2	ATENDIDO		
		RL2.3		NÃO ATENDIDO	
	RL3 Geração de ruídos	RL3.1	ATENDIDO		
		RL3.2	ATENDIDO		
	RL4 Geração de odores	RL4.1			NÃO APLICÁVEL
		RL4.2	ATENDIDO		
	RL5 Ecossistema local e entorno	RL5.1	ATENDIDO		
		RL5.2	ATENDIDO		
		RL5.3	ATENDIDO		
		RL5.4		NÃO ATENDIDO	
		RL5.5	ATENDIDO		
		RL5.6	ATENDIDO		
		RL5.7	ATENDIDO		
	RL6 Carga na infraestrutura	RL6.1		NÃO ATENDIDO	
		RL6.2	ATENDIDO		
		RL6.3	ATENDIDO		
RL6.4		ATENDIDO			
RL6.5		ATENDIDO			
RL7 Sombreamento e brilho ofuscante	RL7.1	ATENDIDO			
	RL7.2		NÃO ATENDIDO		
TOTAL DE 25 REQUISITOS		17	5	3	

