HERNANI CARVALHO PAIVA

**Estratégias Tecnológicas e Gerenciais para a Sustentabilidade do
Subsistema Estrutura no Mercado de Construção Civil no Estado
de São Paulo**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e
Urbana

Orientador: Prof. Dr.
Francisco Ferreira Cardoso

São Paulo
2014

HERNANI CARVALHO PAIVA

**Estratégias Tecnológicas e Gerenciais para a Sustentabilidade do
Subsistema Estrutura no Mercado de Construção Civil no Estado
de São Paulo**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e
Urbana

Orientador: Prof. Dr.
Francisco Ferreira Cardoso

São Paulo
2014

HERNANI CARVALHO PAIVA

**Estratégias Tecnológicas e Gerenciais para a Sustentabilidade do
Subsistema Estrutura no Mercado de Construção Civil no Estado
de São Paulo**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil e
Urbana

Orientador: Prof. Dr.
Francisco Ferreira Cardoso

São Paulo
2014

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de novembro de 2014.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

Catálogo-na-publicação

Paiva, Hernani Carvalho
Estratégias tecnológicas e gerenciais para a
sustentabilidade
do subsistema estrutura no mercado de construção civil no
estado de São Paulo / H.C. Paiva. -- versão corr. -- São Paulo,
2014.
200 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Sustentabilidade 2.Tecnologia 3.Construção civil (Estru-
tura) – São Paulo I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil
II.t.

AGRADECIMENTOS

Para a realização desta pesquisa, algumas pessoas e instituições foram essenciais e agradeço a todos citados a seguir.

O meu orientador, prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso, que confiou na realização deste projeto de pesquisa e auxiliou no seu encaminhamento através da sua experiência, reflexão sobre os temas, e da forma de abordagem aos problemas colocados nesta pesquisa.

A pesquisadora do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Renata Monte, e a prof^a Dr^a do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica Linda Ho, que de forma gentil e voluntariosa auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa por levantamento.

Ao prof. Antônio Figueiredo que auxiliou decisivamente no desenvolvimento do tema das tecnologias utilizadas no subsistema estrutura.

As secretárias Wandréia Dantas e Eliany Funari que prestam um trabalho inestimável de organização orientação com precisão e agilidade ao pós-graduandos do programa.

Ao CNPq com auxílio financeiro à pesquisa e a ABECE pelo apoio a execução da pesquisa por levantamento.

Deixo meu agradecimento a Heline Elias de Castro, pelo companheirismo de todos estes anos e no auxílio nas dúvidas acadêmicas e sobre o método a ser empregado.

RESUMO

A elevação do status da questão ambiental tornou o tema sustentabilidade ambiental uma constância em todos os segmentos. A representatividade dos impactos ambientais da construção civil em comparação aos demais setores produtivos justifica a atenção despendida ao tema sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de pesquisas e novas formas de gestão do modo de produzir o espaço construído. A pesquisa discute como as metas de sustentabilidade definidas pelo processo de certificação ambiental AQUA, traduzidas em estratégias tecnológicas e gerenciais estão sendo aplicadas pelo mercado de construção civil, destacando-se a análise do subsistema estrutura de edifícios. Em um primeiro estágio, a pesquisa propõe levantar as tecnologias disponíveis, em prática pelo mercado ou objeto de pesquisa, dentro do cenário construtivo internacional e nacional, restritas ao subsistema estrutura. Na segunda fase, através de uma pesquisa de levantamento amostral 'on line' com empresas de projeto de estruturas, foi composto um quadro das estratégias empregadas com o objetivo do melhor desempenho ambiental dos empreendimentos, considerando o cenário do estado de São Paulo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Tecnologias. Construção Civil. Estrutura. Empresas de projeto Estrutural.

ABSTRACT

The rise in the environmental issue status made the environmental sustainability theme a constant in all sectors. The representativeness of civil construction environmental impacts as compared to the other productive sectors justifies the attention given to the environmental sustainability theme as well as the development of researches and new forms of managing the way of producing the built environment. This research discussed how the sustainability goals established by the AQUA environmental certification process, translated into technological and managerial strategies, are being applied by the civil construction market, particularly with the analysis of the building structure subsystem. At the first stage, the proposal was to survey the technologies available and practiced by the market or research object, within the international and national construction scenario, restricted by the structure subsystem. At the second stage, by means of an *on line* sample survey research with structural design firms, a framework of the strategies employed was designed aiming at a better environmental performance by the developments, considering the State of São Paulo scenario.

Key-words: Sustainable. Technologies. Civil Construction. Structure. Structure Design Firms

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Comparação entre aspectos ambientais decorrentes de diferentes processos construtivos para execução de uma obra de arte (GERVÁSIO e SILVA, 2005)	49
Figura 2	- Gráfico que contrapõe permeabilidade e tensão com diferentes concentrações de fibras orgânicas (BANTHIA, 2009)	54
Figura 3	- Resistência a compressão de duas amostras de argamassas geopoliméricas (BIGNO <i>et al</i> , 2005).....	56
Figura 4	- Resistência a compressão de três amostras de argamassas geopoliméricas (BIGNO <i>et al</i> , 2005).....	57
Figura 5	- Resistência a compressão de amostras de argamassas CPV-ARI (BIGNO <i>et al</i> , 2005).....	57
Figura 6	- Comparação entre os diferentes aspectos ambientais envolvidos aos dois processos de produção de aço, alto forno e arco elétrico. (GERVÁSIO e SILVA, 2005)	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Resumo das Estratégias e Tecnologias analisadas no Capítulo 3.....	70
Quadro 2	- Estratégias selecionadas do Referencial Técnico para Edificações Habitacionais do processo AQUA (VANZOLINI, 2013).....	80
Quadro 3	- Respostas às questões 1 a 3 da Fase Teste.....	87
Quadro 4	- Respostas às questões 4 a 27 da Fase Teste.....	87
Quadro 5	- Respostas às questões 28 a 33 da Fase Teste.....	88
Quadro 6	- Respostas às questões 34 a 38 da Fase Teste.....	89
Quadro 7	- Respostas às questões 39 e 40 da Fase Teste.....	90
Quadro 8	- Respostas às questões 41 a 43 da Fase Teste.....	90
Quadro 9	- Alteração nas alternativas de respostas para as questões relacionadas às estratégias gerenciais (questões 6 a 15).....	92
Quadro 10	- Alteração nas alternativas de respostas para as questões relacionadas às estratégias tecnológicas (questões 28 a 40).....	92
Quadro 11	- Resposta às questões 1 a 3 da Fase Estendida.....	98
Quadro 12	- Respostas às questões 4 a 15 da Fase Estendida.....	99
Quadro 13	- Respostas às questões 16 a 27 da Fase Estendida.....	100
Quadro 14	- Respostas às questões 28 a 30 da Fase Estendida.....	101
Quadro 15	- Respostas às questões 31 a 34 da Fase Estendida.....	102
Quadro 16	- Respostas às questões 35 a 37 da Fase Estendida.....	103
Quadro 17	- Respostas às questões 38 a 40 da Fase Estendida.....	104
Quadro 18	- Respostas às questões 41 a 43 da Fase Estendida.....	105
Quadro 18	- Peso atribuído às questões de alternativas múltiplas.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Aspectos ambientais relacionados a diferentes processos construtivos (MURTA et al, 2010).....	50
Tabela 2	- Custos em manutenção (MEDEIROS et al, 2011).....	51
Tabela 3	- Comparação entre aspectos ambientais de dois processos de Tratamento de Armaduras do Concreto (ÅRSKOG et al, 2004).....	53
Tabela 4	- Respostas às questões 6 a 15 convertidas em valores numéricos.....	113
Tabela 5	- Respostas às questões 28 a 30 convertidas em valores numéricos.....	114
Tabela 6	- Respostas às questões 31 a 34 convertidas em valores numéricos.....	115
Tabela 7	- Respostas às questões 35 a 37 convertidas em valores numéricos.....	116
Tabela 8	- Resposta às questões 38 a 40 convertidas em valores numéricos.....	117
Tabela 9	- Médias das Pontuações por Empresa.....	134
Tabela 10	- Médias decrescentes por tipologia.....	138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Função exercida pelo respondente.....	109
Gráfico 2	- Formação Acadêmica do respondente.....	109
Gráfico 3	- Resultados modulados em intervalos de tempo de existência.....	111
Gráfico 4	- Resultados modulados em intervalos de número de profissionais, com média de 13,7 profissionais por empresa.....	111
Gráfico 5	- Comparativo entre tempo de atuação da empresa em anos (eixo Y) com posição geral no <i>ranking</i> (eixo X).....	136
Gráfico 6	- Comparativo entre número de profissionais envolvidos diretamente na produção de projeto estrutural na empresa (eixo Y) com posição geral no <i>ranking</i> (eixo X)...	138
Gráfico 7	- Comparativo entre diferença entre médias das estratégias gerenciais e tecnológicas (eixo Y) com posição geral no ranking (eixo X).....	138
Gráfico 8	- Respostas à questão 4.....	176
Gráfico 9	- Respostas à questão 5.....	176
Gráfico 10	- Respostas à questão 6.....	176
Gráfico 11	- Respostas à questão 7.....	176
Gráfico 12	- Respostas à questão 8.....	177
Gráfico 13	- Respostas à questão 9.....	177
Gráfico 14	- Respostas à questão 10.....	177
Gráfico 15	- Respostas à questão 11.....	177
Gráfico 16	- Respostas à questão 12.....	178
Gráfico 17	- Respostas à questão 13.....	178
Gráfico 18	- Respostas à questão 14.....	178
Gráfico 19	- Respostas à questão 15.....	178
Gráfico 20	- Respostas à questão 16.....	179
Gráfico 21	- Respostas à questão 17.....	179
Gráfico 22	- Respostas à questão 18.....	179
Gráfico 23	- Respostas à questão 19.....	179
Gráfico 24	- Respostas à questão 20.....	180
Gráfico 25	- Respostas à questão 21.....	180
Gráfico 26	- Respostas à questão 22.....	180
Gráfico 27	- Respostas à questão 23.....	180
Gráfico 28	- Respostas à questão 24.....	181
Gráfico 29	- Respostas à questão 25.....	181
Gráfico 30	- Respostas à questão 26.....	181
Gráfico 31	- Respostas à questão 27.....	181
Gráfico 32	- Respostas à questão 28A.....	182
Gráfico 33	- Respostas à questão 28B.....	182
Gráfico 34	- Respostas à questão 28C.....	182
Gráfico 35	- Respostas à questão 28D.....	182
Gráfico 36	- Respostas à questão 28E.....	183
Gráfico 37	- Respostas à questão 28F.....	183
Gráfico 38	- Respostas à questão 28G.....	183
Gráfico 39	- Respostas à questão 29A.....	184

Gráfico 40	- Respostas à questão 29B.....	184
Gráfico 41	- Respostas à questão 29C.....	184
Gráfico 42	- Respostas à questão 29D.....	184
Gráfico 43	- Respostas à questão 29E.....	184
Gráfico 44	- Respostas à questão 29F.....	184
Gráfico 45	- Respostas à questão 29G.....	185
Gráfico 46	- Respostas à questão 30A.....	185
Gráfico 47	- Respostas à questão 30B.....	185
Gráfico 48	- Respostas à questão 30C.....	185
Gráfico 49	- Respostas à questão 30D.....	185
Gráfico 50	- Respostas à questão 30E.....	186
Gráfico 51	- Respostas à questão 30F.....	186
Gráfico 52	- Respostas à questão 30G.....	186
Gráfico 53	- Respostas à questão 31A.....	187
Gráfico 54	- Respostas à questão 31B.....	187
Gráfico 55	- Respostas à questão 31C.....	187
Gráfico 56	- Respostas à questão 31D.....	187
Gráfico 57	- Respostas à questão 31E.....	187
Gráfico 58	- Respostas à questão 31F.....	187
Gráfico 59	- Respostas à questão 31G.....	188
Gráfico 60	- Respostas à questão 32.....	188
Gráfico 61	- Respostas à questão 33A.....	188
Gráfico 62	- Respostas à questão 33B.....	188
Gráfico 63	- Respostas à questão 33C.....	189
Gráfico 64	- Respostas à questão 33D.....	189
Gráfico 65	- Respostas à questão 33E.....	189
Gráfico 66	- Respostas à questão 33F.....	189
Gráfico 67	- Respostas à questão 33G.....	189
Gráfico 68	- Respostas à questão 34A.....	190
Gráfico 69	- Respostas à questão 34B.....	190
Gráfico 70	- Respostas à questão 34C.....	190
Gráfico 71	- Respostas à questão 34D.....	190
Gráfico 72	- Respostas à questão 34E.....	191
Gráfico 73	- Respostas à questão 34F.....	191
Gráfico 74	- Respostas à questão 34G.....	191
Gráfico 75	- Respostas à questão 35A.....	191
Gráfico 76	- Respostas à questão 35B.....	192
Gráfico 77	- Respostas à questão 35C.....	192
Gráfico 78	- Respostas à questão 35D.....	192
Gráfico 79	- Respostas à questão 35E.....	192
Gráfico 80	- Respostas à questão 35F.....	192
Gráfico 81	- Respostas à questão 35G.....	192
Gráfico 82	- Respostas à questão 36A.....	192
Gráfico 83	- Respostas à questão 36B.....	192
Gráfico 84	- Respostas à questão 36C.....	193
Gráfico 85	- Respostas à questão 36D.....	193
Gráfico 86	- Respostas à questão 36E.....	193
Gráfico 87	- Respostas à questão 36F.....	193
Gráfico 88	- Respostas à questão 36G.....	193
Gráfico 89	- Respostas à questão 37A.....	194

Gráfico 90	- Respostas à questão 37B.....	194
Gráfico 91	- Respostas à questão 37C.....	194
Gráfico 92	- Respostas à questão 37D.....	194
Gráfico 93	- Respostas à questão 37E.....	194
Gráfico 94	- Respostas à questão 37F.....	194
Gráfico 95	- Respostas à questão 37G.....	195
Gráfico 96	- Respostas à questão 38A.....	195
Gráfico 97	- Respostas à questão 38B.....	195
Gráfico 98	- Respostas à questão 38C.....	195
Gráfico 99	- Respostas à questão 38D.....	195
Gráfico 100	- Respostas à questão 38E.....	196
Gráfico 101	- Respostas à questão 38F.....	196
Gráfico 102	- Respostas à questão 38G.....	196
Gráfico 103	- Respostas à questão 39A.....	196
Gráfico 104	- Respostas à questão 39B.....	196
Gráfico 105	- Respostas à questão 39C.....	197
Gráfico 106	- Respostas à questão 39D.....	197
Gráfico 107	- Respostas à questão 39E.....	197
Gráfico 108	- Respostas à questão 39F.....	197
Gráfico 109	- Respostas à questão 39G.....	197
Gráfico 110	- Respostas à questão 40A.....	198
Gráfico 111	- Respostas à questão 40B.....	198
Gráfico 112	- Respostas à questão 40C.....	198
Gráfico 113	- Respostas à questão 40D.....	198
Gráfico 114	- Respostas à questão 40E.....	198
Gráfico 115	- Respostas à questão 40F.....	198
Gráfico 116	- Respostas à questão 40G.....	199
Gráfico 117	- Respostas à questão 42.....	199
Gráfico 118	- Respostas à questão 43.....	201

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	A URGÊNCIA DA QUESTÃO AMBIENTAL.....	23
1.2	COLOCAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	24
1.3	A IMPORTÂNCIA DO SUBSISTEMA ESTRUTURA NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
1.4	OBJETIVO.....	30
1.5	MÉTODO.....	30
	1.5.1 Levantamento Bibliográfico.....	32
	1.5.2 Conceituação.....	32
	1.5.3 Levantamento das Estratégias Tecnológicas e Gerenciais aplicadas no subsistema estrutura com objetivo de melhoria do desempenho ambiental dos empreendimentos.....	32
	1.5.4 Campo de Pesquisa.....	32
	1.5.5 Formulação de Questionário.....	32
	1.5.6 Aplicação de Questionário.....	33
	1.5.7 Organização dos Dados.....	33
	1.5.8 Análise Final e Conclusões.....	34
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	35
1.7	CONCEITOS.....	35
	1.7.1 Técnica Construtiva.....	35
	1.7.2 Método Construtivo.....	36
	1.7.3 Processo Construtivo.....	36
	1.7.4 Sistema Construtivo.....	36
	1.7.5 Tecnologia.....	37
	1.7.6 Tecnologia Construtiva.....	37
	1.7.7 Sustentabilidade.....	38
	1.7.8 Análise do Ciclo de Vida (ACV).....	39
	1.7.9 Impacto Ambiental.....	40
	1.7.10 Aspecto Ambiental.....	41
2	ESTRATÉGIAS GERENCIAIS E TECNOLOGIAS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO SUBSISTEMA ESTRUTURA.....	43
2.1	REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATERIAIS.....	43
2.2	MITIGAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS.....	46
2.3	ADEQUAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO À TIPOLOGIA.....	47
2.4	AUMENTO DA VIDA ÚTIL E DIMINUIÇÃO DE ASPECTOS DURANTE SEU CICLO DE VIDA.....	50
2.5	REUSO E RECICLAGEM.....	58
2.6	FONTES RENOVÁVEIS.....	68
2.7	ABORDAGENS E ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS.....	70
3	PESQUISA POR LEVANTAMENTO AMOSTRAL COM EMPRESAS DE PROJETO ESTRUTURAL.....	75
3.1	CONCEITOS E RESTRIÇÕES.....	75
3.2	UNIVERSO E AMOSTRAGEM.....	76
3.3	ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO.....	78
3.4	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO.....	84
3.5	RESULTADOS.....	86
	3.5.1 Fase Pré-Teste.....	86
	3.5.1.1 Avaliação e Alterações.....	91

3.5.2	Fase Estendida.....	95
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	106
4.1	INTRODUÇÃO.....	106
4.2	ANÁLISES DOS RESULTADOS DA 1ª PARTE (PERFIL DA EMPRESA E DO ENTREVISTADO).....	109
4.3	ANÁLISES DOS RESULTADOS DA 2ª PARTE.....	112
4.3.1	Análise dos resultados das questões relacionadas às Estratégias Gerenciais.....	118
4.3.2	Análise dos resultados das questões relacionadas às Estratégias Tecnológicas.....	126
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA 3ª ETAPA.....	132
4.5	ANÁLISE POR EMPRESA.....	133
4.6	ANÁLISE POR TIPOLOGIA.....	140
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
	Apêndice I - Convite enviado às Empresas participantes da Fase Estendida da Pesquisa por Levantamento.....	157
	Apêndice II–Formulário Aplicado na Fase Pré-Teste.....	159
	Apêndice III– Formulário Aplicado na Fase Estendida.....	167
	Apêndice IV – Resultados da Fase Estendida em gráficos isolados de cada Questão.....	175

1 INTRODUÇÃO

1.1 A URGÊNCIA DA QUESTÃO AMBIENTAL

A questão ambiental tem se tornando uma constância em discussões nos mais diversos meios, desde a mídia à iniciativa privada e, às lideranças públicas e governamentais, além de discussões livres e debates científicos, expondo desde grupos mais céticos a respeito das mudanças climáticas ou aos instrumentos de mitigação dos impactos ambientais, aos mais engajados defensores da adoção de medidas drásticas.

O processo de consciência do quadro crítico das condições ambientais globais iniciou-se a partir da segunda metade do século passado, mas seu enfoque há mudado consideravelmente, e nos últimos anos vem ganhando matizes cada vez mais dramáticos. Ou seja, a questão deslocou-se do âmbito da preservação de espécies e biomas para questões de preservação de grandes contingentes populacionais humanos, fundindo-se a isso o questionamento do modo de produção e consumo de bens, gestão de resíduos e geração de energia.

O reconhecimento da escala do problema, ou melhor dizendo, da nova escala industrial de predação, como define Viola (1986), iniciou-se a partir da década de 1970 com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo (1972) e foi se reverberando em fóruns mundiais diversos [relatórios Meadows (1972); Tinbergen (1978) e Lazlo (1977)], que deram base tanto para um aprofundamento político das questões ambientais quanto para o desenvolvimento de uma base científica comum.

Um dos fóruns geridos pela Organização das Nações Unidas (ONU) que contribuiu significativamente para a ascensão da questão ambiental é o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Originado a partir da Organização Meteorológica Mundial, o IPCC definiu em primeira instância, mesmo dentro de controvérsias que pairam ainda hoje, as mudanças climáticas globais como um fato e tornou possível relacionar os fenômenos ambientais às desordens de outros ciclos

naturais e humanos. E essa avaliação global, atribuindo causa e efeito, foi o ponto de inflexão da questão ambiental.

1.2 COLOCAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Diante de tantos dados, estudos, relatórios, artigos sobre o clima e o meio ambiente de forma ampla, surgiu a necessidade de repensar o modo como são produzidos bens e de como é a relação com o ambiente, e de entender as consequências de cada etapa e de cada elemento envolvido em uma atividade-produção.

A construção civil é uma indústria chave para obtenção de melhores índices de qualidade ambiental no espaço humano. Podem-se enumerar quatro razões principais.

A primeira razão se relaciona ao consumo de bens, materiais, insumos, combustíveis etc. Ou seja, para execução das mais diversas tipologias e atendimento dos mais variados programas arquitetônicos, são exigidos enorme volume de materiais, como concreto, aço, brita, areia, cerâmicas, plásticos, dentre outros. Todos os números envolvidos são em grandes escalas, desde um estádio olímpico ao somatório de pequenas obras de reforma de residências.

Para dimensionar a escala da construção civil no contexto dos demais setores econômicos, Souza & Deana (2007) citando Souza (2005) quantificam o consumo da construção civil em “100 a 200 vezes mais material que a indústria automobilística” e “é responsável pelo consumo de 14% a 50% dos recursos naturais extraídos no planeta” e, ainda, “responde por 50% dos materiais circulantes na economia (Japão) e, nos Estados Unidos da América (EUA), relaciona-se a 75% dos materiais”.

Para mensuração desta realidade um bom indicador é o consumo de cimento, matéria prima essencial na construção mundial e em especial brasileira que emprega massivamente a estrutura em concreto armado, alvenaria de blocos assentados com argamassa e revestimentos de base cimentícia. O consumo anual evoluiu de uma média anual de 24 milhões de toneladas na década de 1980, para

de 31 milhões de toneladas na década de 1990 e 41 milhões de toneladas na década de 2000, chegando ao ano de 2012 atingindo a cifra de 69 milhões de toneladas (CBIC, 2014). Ou seja, esse impacto comparado a circulação de materiais como um todo, que já é representativo, tende a se ampliar com o crescimento econômico e populacional. (MEHTA, 2002)

A segunda razão, que não deixa de ser consequência da primeira, é a enorme gama de indústrias participantes do processo de produção de edifícios, fornecendo desde cal a elevador, de luminárias a tintas, de concreto a equipamentos de ar condicionado. Muitos produtos sendo transportados a pontos extremos do globo para suprir uma necessidade específica. Ou seja, devido a complexidade dos produtos e profissionais envolvidos e das escalas variáveis de atuação, além de questões peculiares da indústria da construção civil, como por exemplo, ser um produto de difícil reprodução e de variação do local de produção, é necessário o desenvolvimento de ferramentas de análise do quadro complexo da cadeia produtiva, permitindo um melhor desempenho em relação aos quesitos relacionados a sustentabilidade ambiental.

A terceira razão se relaciona a vida útil do edifício que demanda manutenção e principalmente consumo de energia. Os edifícios exigem, além do consumo para serem produzidos, um consumo constante de produtos, desde a limpeza regular à pintura, da troca de equipamentos à troca de componentes. Destaca-se o consumo de energia elétrica, pois os edifícios, durante sua fase de operação, representam percentual majoritário (cerca de 42%, conforme MME (1995)) do consumo de energia elétrica no País. Reitera-se ainda que a produção de energia elétrica representa, nacionalmente, um grande impacto ambiental, seja devido a formação de grandes áreas alagada, seja pela queima de combustíveis fósseis.

A fase de uso do empreendimento, muitas vezes, é subestimada em termos dos seus impactos ambientais, mas como alguns estudos sobre análise de ciclo de vida indicam, a fase de uso e manutenção pode corresponder a grande parte dos aspectos ambientais durante todo ciclo de vida de muitos produtos da construção. (JÖNSSON, 2000)

A quarta razão relaciona-se ao fim da vida útil, quando enormes quantidades de resíduos são gerados. As estimativas são que somente no Brasil sejam produzidas 68 mil toneladas de resíduos sólidos, por ano, apenas oriundos da construção civil. (ÂNGULO et al., 2004).

Os materiais constituintes do edifício são descartados, e para ampliar o impacto ambiental, considerando a realidade nacional, componentes de diferentes produtos industriais são transportados aos locais de descarte, em muitas ocasiões sem nenhum cuidado de triagem para possível reciclagem e descarte controlado de produtos contaminantes e tóxicos, entrando em contato com solo, lençóis freáticos e cursos d'água. Mesmo com a enorme potencialidade de reciclagem¹ a infraestrutura de recolhimento e tratamento desses resíduos é muito incipiente (ver ÂNGULO et al., 2004).

Estas são as razões principais que justificam o desenvolvimento de uma construção mais sustentável, e mais uma última pode ser acrescentada: o impacto cultural e simbólico que a construção civil exerce. Ela é o instrumento que de forma decisiva marca o domínio espacial humano sobre o ambiente natural, mais do que qualquer outra atividade, e com a tendência global de urbanização, tende a ser mais crítica no sentido da transformação da paisagem. Por essa razão, a alteração do processo como se produz o espaço construído é de grande importância para mudança de paradigma de como se entende a relação homem e meio ambiente.

Em que pese a grande complexidade de exigências na construção civil, os processos de gestão e particularmente de gestão ambiental representam um passo fundamental para o desenvolvimento do setor da construção civil mais sustentável. A alteração do processo de produção dos edifícios com o objetivo de melhorar a sustentabilidade pode ser encaminhada pela incorporação de tecnologias com melhor desempenho ambiental. A partir deste princípio, o presente trabalho busca avaliar em que medida estratégias tecnológicas e gerenciais adotadas com o

¹ Segunda pesquisa realizada no Distrito Federal (ROCHA & SPOSTO, 2005) são coletadas diariamente 5.500 toneladas de resíduos sólidos originados da construção e demolição e de amostras levantadas, 85% são materiais recicláveis.

objetivo de produzir empreendimentos mais sustentáveis estão sendo introduzidas na construção civil, limitando à análise ao subsistema estrutura.

1.3 A IMPORTÂNCIA DO SUBSISTEMA ESTRUTURA NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para compreender a escala do impacto ambiental, alguns autores destacam as dimensões dos aspectos ambientais gerados pelo subsistema estrutura. A ênfase foi colocada na produção de estruturas em concreto, devido a importância deste processo construtivo na matriz construtiva nacional.

A indústria da construção civil responde por 40% do consumo de materiais (HO et al, 2000, apud ÅRSKOG et al, 2004) e a produção de cimento *portland* responde por 5% do total de emissões de gases do efeito estufa, sendo que uma tonelada de gás carbônico é produzida a cada tonelada de cimento (GJØRV, 2003, apud ÅRSKOG et al, 2004).

Segundo o Ministério da Terra, Infraestrutura e Transporte do Japão, no Japão, 83 milhões de toneladas de resíduo proveniente da construção são produzidas por ano, e 35 milhões de toneladas correspondem a resíduos de concreto. (DOSHO, 2006)

Lima & John (2009) sustenta que a produção de kgCO_2/t de concreto varia entre 195 a 231, considerando que 87% a 88% é originada da produção do cimento. A produção média brasileira do cimento é de 677 KgCO_2/t , abaixo das médias mundiais que variam entre 810 e 880 KgCO_2/t . Esse fato é explicado pelo investimento em tecnologias que desde a década de 1970 levaram ao desenvolvimento de processos de produção de cimento mais eficientes (LIMA & JOHN, 2009).

O relevância dos aspectos produzidos pelo cimento pode ser medido pela influência na produção de gases do efeito estufa que corresponde a 5% no Brasil (LIMA & JOHN, 2009) e aproximadamente 7% no mundo (JONKERS et al, 2008). Considerando que o consumo desse material tende a se ampliar, como reintera

Mehta (2001), especialmente nos países emergentes e subdesenvolvidos (o que de fato vem ocorrendo no Brasil), a racionalização do seu uso é item fundamental para sustentabilidade dos edifícios.

O subsistema estrutura, apesar do montante dos aspectos ambientais dimensionado nos parágrafos acima, pode ser questionado se é de fato importante para a construção sustentável. Afinal, a estrutura é o subsistema para o qual, tradicionalmente, mais rigorosamente se estabelecem normas no País, é o principal item para estabilidade das construções, e portanto, já está embutido a lógica de que se projeta e executa o mínimo exigido pela norma, e não se executam estruturas superdimensionadas por limitação econômica.

No entanto existem duas condicionantes que não estão ainda racionalizadas:

- 1) Qual processo estrutural tem melhor desempenho ambiental a partir do programa arquitetônico e do local a ser implantado?
- 2) Os métodos e técnicas construtivas estão suficientemente desenvolvidos dentro dos critérios de análise de sustentabilidade?

Para responder a essas questões, diferentes abordagens serão colocadas a seguir, analisando as diversas propostas e algumas estratégias a discutir.

Nas abordagens discutidas a seguir a ênfase recai sobre a estrutura de concreto armado, refletindo a matriz construtiva brasileira e o desenvolvimento de diversas tecnologias com base neste material.

Analisando o impacto da implementação de tecnologias com objetivos de sustentabilidade no mercado da construção civil no Brasil, é plausível que este desenvolvimento determine maior valorização do projeto em geral, e em particular no projeto de estruturas. Este passa a ter uma nova conotação, não apenas como um produto acabado e reduzido a uma série lógica de desenhos em escalas de assunto e detalhamento, mas um sistema qualificado de decisões respaldadas por outros critérios além do atendimento ao programa e às técnicas construtivas à disposição.

Considerando o desenvolvimento de um empreendimento, analisando todas as suas etapas, as decisões iniciais são as que possuem maior impacto futuro. Para que um empreendimento tenha melhor desempenho ambiental, certas questões devem ser premissas a serem consideradas no instante da concepção do partido arquitetônico, pois nas fases seguintes soluções e tecnologias que melhorem o desempenho ambiental podem não ser viabilizadas e simplesmente não serem coerentes com as propostas de desenho já consolidadas, não só de arquitetura como das demais disciplinas.

O raciocínio de projeto não linear não é produto da gestão ambiental, mas vai ao encontro a esta tendência, na medida que, como citado acima, necessita de uma proposição desde as fases iniciais e intercâmbio coordenado entre as disciplinas, valorizando, portanto, a atividade de projetar.

A partir da constatação da importância da absorção de novas tecnologias de gestão e da dificuldade e necessidade das empresas incorporarem novas tecnologias em suas rotinas através de processo parametrizado, como estudado por Barros (1998), entende-se o desafio que igualmente as tecnologias com viés de sustentabilidade enfrentam para serem absorvidas de fato como tecnologias sistematicamente empregadas na produção de uma determinada empresa.

Por exemplo, questões de desempenho térmico necessitam de diretrizes e análises iniciais claras para orientar todo o desenvolvimento do projeto. Decisões com este objetivo em fases posteriores podem simplesmente ser inviáveis ou, no mínimo, exigirem a revisão completa do projeto.

Portanto, o tema sustentabilidade é uma questão substancialmente de projeto. Os grandes ganhos, tanto de desperdício de materiais, uso de água, propostas de programa (como estacionamento de bicicletas e vestiários, redução da carga térmica com posicionamento adequado dos ambientes, consumo de materiais, potencial de reciclagem são exemplos de itens regularmente prescritos pelas certificações ambientais), quanto do uso do sítio e principalmente o consumo de água e energia

durante a vida útil do edifício, decorrem de definições de projeto. As questões de obra, que são de responsabilidade das construtoras, ficam restritas quase que exclusivamente a gestão dos materiais, redução de desperdício de recursos e principalmente de gestão de resíduos.

Pelo conjunto de fatores acima relacionados, sugere-se a compreensão de uma relação necessária entre a produção de edifícios sustentáveis e a introdução de novas tecnologias, tanto na fase da execução propriamente dita, o canteiro de obras, quanto, fundamentalmente, na fase de desenvolvimento de projeto.

A constatação da importância do projeto, e a capacidade do projetista compreender o quadro tecnológico empregado na construção civil, condicionou a segunda etapa da pesquisa. Realizada por meio de formulários enviados às empresas de projeto estrutural, buscou-se o levantamento da frequência de uso das estratégias gerenciais e tecnológicas do subsistema estrutura com relevante melhora no desempenho ambiental.

1.4 OBJETIVO

Identificar estratégias gerenciais e tecnológicas que levem o subsistema estrutura a um desempenho mais alinhado com princípios de sustentabilidade, e avaliar com que frequência são praticadas pelas empresas de projeto de estruturas atuantes no estado de São Paulo.

1.5 MÉTODO

Uma pesquisa científica impescinde de uma questão-problema, para a qual é aplicada um método, que, por sua vez, trata-se de uma cadeia ordenada de ações com o objetivo de esclarecimento da mesma (SILVA & MENEZES, 2005).

Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que tem por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo.
(SILVA, MENEZES, 2005)

O problema da presente pesquisa é delimitado da seguinte forma: quais são as estratégias tecnológicas e gerenciais empregadas pelos projetistas de estruturas no subsistema estrutura, e com que frequência são utilizadas com o objetivo de melhoria do desempenho ambiental dos empreendimentos do setor da construção civil.

Quanto a sua natureza, esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa aplicada com abordagem quantitativa, por envolver a investigação de dados quantizáveis que requerem uma análise amostral e com objetivo exploratório e descritivo.

Para a primeira parte, a pesquisa exploratória, foi elaborada, por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento das estratégias tecnológicas e gerenciais empregadas que representam significativa melhoria do desempenho ambiental na produção do espaço construído em relação à prática corrente nacional relacionadas na primeira etapa do estudo.

Para a segunda parte realizou-se uma pesquisa por levantamento amostral por meio de formulários distribuídos via correio eletrônico às empresas de projeto de estruturas, questionando acerca da frequência com que as estratégias tecnológicas e gerenciais, destacadas na primeira parte da pesquisa e definidas com base no guia referencial para edifícios residenciais do Processo AQUA, são empregadas.

A partir do método, foram estabelecidos os procedimentos operacionais, dentre eles, revisão bibliográfica, delimitação dos conceitos referenciais, revisão empírica, formulação e aplicação de questionário para uma amostra determinada, e tabulação dos dados gerados. Os resultados destas ferramentas aplicadas deram subsídio para o desenvolvimento das fases da pesquisa descritas a seguir.

1.5.1 Levantamento Bibliográfico

Realização de levantamento bibliográfico nacional e internacional, considerando o cenário acadêmico, institucional e do mercado da construção civil, das soluções e tecnologias adotadas e propostas, voltadas ao tema da sustentabilidade, de forma ampla (revisão ampla inicial) e restritas ao subsistema estrutura (revisão direcionada).

1.5.2 Conceituação

A luz da referência bibliográfica coletada, estabeleceu-se conceitos fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. O referencial conceitual foi fundamental para compreensão das questões discutidas nas demais etapas, determinando com a necessária precisão o alcance dos termos trabalhados.

1.5.3 Levantamento das Estratégias Tecnológicas e Gerenciais aplicadas no subsistema estrutura com objetivo de melhoria do desempenho ambiental dos empreendimentos

A partir da revisão bibliográfica direcionada, restrita ao tema e à questão da pesquisa, esta etapa identificou, analisou e relacionou as tecnologias e as práticas gerenciais com as abordagens estratégicas de melhoria do desempenho ambiental.

1.5.4 Campo de Pesquisa

Definiu a população e amostragem do campo de pesquisa para desenvolvimento da segunda fase.

1.5.5 Formulação de Questionário

A partir das definições estabelecidas no itens 1.5.3 e de 1.5.4., esta fase permitiu o desenvolvimento de questionário com objetivo de identificar a frequência com que as estratégias gerenciais e tecnológicas com objetivo de melhor desempenho ambiental são empregadas no projeto do subsistema estrutura, considerando o campo de

aplicação restrito das empresas executoras de projeto estrutural. As justificativas para direcionar a pesquisa para as empresas de projeto estrutural são:

- a) As empresas executoras de projeto estrutural são diretamente responsáveis pela definição do processo construtivo. Esta posição estratégica na cadeia produtiva da construção de edifícios permitiu a avaliação mais precisa das estratégias empregadas, bem como a extensão e eventual restrição de seu uso.
- b) Estes agentes da cadeia produtiva da construção civil concentram grande conhecimento técnico, permitindo que a abordagem do questionário pudesse ser mais aprofundada, de modo compatível com o levantamento bibliográfico realizado na primeira parte da pesquisa.
- c) A restrição da pesquisa a apenas um agente da cadeia produtiva e a um território (o estado de São Paulo) permitiu uma homogeneidade do campo amostral, o que levou a maior confiabilidade dos resultados.

1.5.6 Aplicação de Questionário

Aplicação de questionário direcionado para agentes do setor (empresas executoras de projeto de estruturas), utilizando-se como método o envio e coleta por dispositivo *on line*, com o emprego da ferramenta formulário. Foi executada uma aplicação em escala teste, antes da aplicação estendida, para avaliação dos procedimentos operacionais, do entendimento das questões por parte dos entrevistados e do método de organização dos dados coletados.

1.5.7 Organização dos Dados

Organização dos dados coletados foi realizada a partir dos formulários preenchidos pelos representantes das empresas executoras de projeto de estruturas, agregando por temas centrais definidos pela pesquisa, estratégias gerenciais e estratégias tecnológicas.

1.5.8 Análise Final e Conclusões

Análise da frequência de uso das estratégias tecnológicas e gerenciais para sustentabilidade dentro do universo investigado (subsistema estrutura) no estado de São Paulo.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa divide-se em 6 capítulos, cujos conteúdos são descritos a seguir:

Capítulo 1

Apresentação do tema e justificativa e ambiente em que está circunscrito. Apresentação dos objetivos, do método e do modo segundo o qual o trabalho se estrutura.

Capítulo 2

Apresentação do referencial conceitual balizador da pesquisa.

Capítulo 3

Capítulo destinado ao levantamento e análise das estratégias tecnológicas e gerenciais disponíveis no mercado e em trabalhos de pesquisa relacionadas ao subsistema estrutura, relacionando-as a uma melhora do desempenho ambiental dos edifícios a partir de abordagens para sustentabilidade. Esta etapa fornece subsídios para a etapa seguinte de formulação do questionário a ser aplicado ao universo amostral dos projetistas de estruturas.

Capítulo 4

Apresentação do método do processo de desenvolvimento e do conteúdo empregados na pesquisa por levantamento amostral com empresas de projeto de estruturas e dos respectivos resultados.

Capítulo 5

Avaliação dos resultados da pesquisa.

Capítulo 6

Considerações finais e conclusões da pesquisa a partir da avaliação estabelecida no capítulo anterior, e direcionamento a futuros estudos a partir do método e dos resultados desta pesquisa.

1.7 CONCEITOS

Os conceitos relacionados a seguir são essenciais para a compreensão dos temas abordados. Os conceitos e os termos empregados são estruturantes e tem uma função precisa no texto, o que exige serem compreendidos pelo leitor para a correta compreensão.

1.7.1 Técnica Construtiva

A imprecisão com que o termo técnica construtiva é utilizado dentro do cotidiano da atividade profissional e acadêmica justifica a clara definição do seu emprego nesta pesquisa. Para Sabbatini (1989): “Técnica Construtiva é um conjunto de operações empregadas por um particular para produzir parte de uma construção.”

Compreendendo que a técnica construtiva é uma unidade de conhecimento aplicada a um ofício particular que não define conceito de seqüência e organização de conjunto.

1.7.2 Método Construtivo

Independente do emprego comum que o termo método é aceito, Sabbatini (1989) define com rigor o termo composto, acrescido do termo construtivo.

O conceito adotado nesta pesquisa é:

(...) método construtivo é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregando na construção de uma parte (sub-sistema ou elemento) de uma edificação. (SABBATINI,1989)

1.7.3 Processo Construtivo

Novamente adotando-se o conceito de Sabbatini (1989):

“Processo construtivo é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro).” (SABBATINI,1989)

A escala de análise que o processo construtivo absorve permite considerar a etapa de projeto como integrante do processo construtivo de um edifício, na medida que a materialidade, ou seja, a potencialidade da execução do artefato edifício já se verifica ao fim desta etapa, incorporando o partido arquitetônico e o conjunto organizado de propostas técnicas e em um nível de complexidade organizacional que define a atividade construtiva.

Na medida que os instrumentos de projeto fornecem subsídios diretos para a produção do chassi construtivo do edifício, torna-se necessária a incorporação da etapa de projeto ao entendimento do termo processo construtivo.

1.7.4 Sistema Construtivo

Sabbatini (1989) define:

Sistema construtivo é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo. (SABBATINI,1989)

Em um sistema construtivo, o projeto é condição inerente, devido ao nível de complexidade e previsibilidade, justificando a disposição em definir esta etapa como elemento fundamental. Igualmente não é possível referir-se a um sistema construtivo unicamente ao projeto, mas sim à relação simbiótica projeto-execução.

Os sistemas construtivos exigem, para serem considerados como tal, um domínio completo das tecnologias empregadas. E devido a esse domínio tecnológico, é o

universo mais fecundo para introdução de inovações, sendo portanto um mecanismo direto para implantação de tecnologias com viés de sustentabilidade.

1.7.5 Tecnologia

A imprecisão decorrente da própria concepção de tecnologia (VERASZTO et al, 2008) é compreendida ora como subordinada à ciência, sendo resumida ao campo de aplicação desta última; ora sobreposta às ciências naturais seguindo a sua mesma natureza de produção; ora unicamente resumida aos artefatos ou instrumentos produzidos; ou constantemente compreendida, assim como a ciência, como elemento neutro, independente dos movimentos políticos, culturais e éticos. Esta última concepção traz importantes impactos na temática da sustentabilidade, pois reduz a discussão ao tema apenas ao aspecto técnico, restituindo o caráter político inerente da discussão do tema.

Dentro do campo acadêmico constata-se importantes contradições entre diversos autores no que se refere ao entendimento do termo.

Barros (1996), citando GAMA (1986), define tecnologia como um arranjo de “conhecimentos científicos e técnicos, bem como uma série de instrumentos e máquinas, os quais são utilizados em conjunto, objetivando a produção de bens”.

O entendimento de que a tecnologia é produto indissociável da ciência é questionada por Sabbatini (1989), que cita o exemplo do container de cargas. Uma tecnologia que prescindiu do uso do método científico. Para Sabbatini (1989): “(...)Tecnologia é um conjunto sistematizado de conhecimentos empregados na criação, produção e difusão de bens e serviços”.

1.7.6 Tecnologia Construtiva

Convertendo para o ambiente específico da construção civil, Sabbatini (1989) define tecnologia construtiva como :

(...) um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos, pertinentes a um modo específico de se construir um edifício (ou sua parte) e empregados na criação, produção e difusão desse modo de construir. (SABBATINI, 1989)

A amplitude de abrangência definida, “o edifício ou suas partes”, é fundamental nesta pesquisa, em que destaca-se elementos específicos do edifício em que se destaca pela temática sustentabilidade.

1.7.7 Sustentabilidade

O amplo emprego cotidiano e acadêmico do termo sustentabilidade suscita uma imprecisão que justifica uma definição objetiva.

O termo sustentabilidade foi estabelecido nas conferências ambientais das Nações Unidas e dentro de um desenvolvimento histórico foi sendo consolidado e ajustado. (AULICINO, 2008) (BUENO, 2010)

O ponto de início foi o Relatório Bruntland em 1987, ‘*Our Common Future*’, que definiu desenvolvimento sustentável como:

(...) desenvolvimento que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. (BRUNTLAND, 1987)

Este princípio base foi empregado no termo desenvolvimento sustentável, que foi depurado por outros autores. Sachs (2002) baliza-o conforme as seguintes diretrizes dimensionais:

- Social – igualdade de acesso aos recursos humanos, naturais e serviços fundamentais às necessidades humanas.
- Cultural – equilíbrio entre os valores tradicionais e locais com valores novos.

- Ambiental-ecológica – respeito à capacidade de resiliência dos ambientes ecológicos para manutenção de um equilíbrio ecológico de qualidade mínima aceitável.

- Territorial – equilíbrio entre ocupações urbanas e rurais, e entre qualidade de vida das pessoas com a diversidade biológica.

- Econômica – desenvolvimento econômico equilibrado.

Considerando as definições assumidas acima, observa-se que o desenvolvimento sustentável é um princípio geral a ser seguido pelas sociedades humanas em seus diversos segmentos políticos, econômicos, culturais, etc.

Em uma escala inversa, a produção de um determinado bem ou serviço pode ser promovida a partir dos conceitos de desenvolvimento sustentável. Origina-se, portanto, a partir da esfera particular, um produto, sendo a repercussão prática do conceito de desenvolvimento sustentável em uma sociedade.

Desta maneira, o termo pode ser empregado para a definição de um bem ou produto que tem como princípio-meta promover o atendimento das necessidades atuais sem comprometer as necessidades futuras, considerando as esferas social, cultural, ecológica, econômica e territorial. É neste sentido que o termo sustentabilidade será utilizado neste trabalho, referente ao edifício como um todo ou às suas partes, como o subsistema estrutura.

1.7.8 Análise de Ciclo de Vida (ACV)

A discussão anterior mostra que, embora não se deva falar de um valor absoluto da sustentabilidade de um produto ou serviço, é importante se estabelecer uma forma de medir os aspectos ambientais envolvidos. Esta ferramenta é a Análise do Ciclo de Vida (ACV).

A análise de ciclo de vida é uma metodologia definida no Brasil pela NBR ISO 14040, equivalente da norma internacional 14.040 da ISO (Organização

Internacional para Padronização), onde se estabelece os princípios para a realização de estudos de ACV e definindo-a como:

(...)uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto
- a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas
- a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos. (ABNT, 2001)

Quanto ao escopo de avaliação, a NBR ISO 14040 define que:

A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do 'berço ao túmulo'), desde a aquisição de matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. (ABNT, 2001)

A presente pesquisa não utiliza a ACV como instrumento direto de investigação, mas a análise das estratégias tecnológicas e gerenciais é guiada pelo método de análise desta ferramenta.

1.7.9 Impacto Ambiental

Termo muito comum nas discussões sobre sustentabilidade, recorrentemente associado a um acidente ambiental ou a construção de um grande empreendimento de forma negativa. O senso comum intui que o termo 'impacto' define uma ação sempre de uma escala significativa, e é atribuído genericamente a todos fenômenos sob a análise ambiental. Também é comum utilizar erroneamente poluição em vez de impacto ambiental, ou mesmo tratar execução de uma tipologia como impacto ambiental. (SÁNCHEZ, 2011)

É assim necessário resgatar o que a literatura técnica estabelece. Watern (1988 apud SÁNCHEZ, 2008) define impacto ambiental como:

A mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que se ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada. (WATHERN, 1988 apud SÁNCHEZ, 2011)

Esta definição conceitual determina importantes consequências. A primeira é que a mudança ambiental pode ser tanto negativa quanto positiva. Um parâmetro ambiental pode ser melhorado através da intervenção de uma atividade. Por exemplo no caso da descontaminação de gleba com alta presença de substâncias tóxicas. O parâmetro ambiental, neste caso, o nível de concentração no solo de determinados substâncias químicas, foi alterado após um processo de descontaminação, que ocorreria em outro ritmo caso o terreno mantivesse sem intervenção no mesmo período. (SÁNCHEZ, 2011)

Outra consequência importante é que o impacto ambiental é uma construção na maior parte das vezes conceitual e teórica, devido à dificuldade em determinar com exatidão a variação de um parâmetro ambiental, bem como em que condição estaria esse parâmetro sem a interferência do impacto ambiental. Soma-se ao fato que alguns parâmetros ambientais não podem ser quantizáveis. (SÁNCHEZ, 2011)

Uma definição muito importante, devido a amplitude de aplicação no mercado, é estabelecida pela norma NBR ISO 14.001:2004, no item 3.4: “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (ABNT, 2004). Neste caso, o impacto ambiental é decorrente das atividades de uma determinada organização, resultado de seus processos de produção de um bem ou serviço.

1.7.10 Aspecto Ambiental

Termo estabelecido no item 3.3 da norma NBR ISO 14.001 2004, que define que aspecto ambiental é o “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente.” (SÁNCHEZ, 2011)

A abrangência do termo não esclarece sua importância para o desenvolvimento de um trabalho de avaliação ambiental e, especialmente, de ACV. Este último trata-se

de uma avaliação de impacto ambiental para produto, as análises são exclusivamente sobre os aspectos ambientais. Devido esta implicação, diretamente ligada à ACV, este termo foi recorrente utilizado no desenvolvimento desta pesquisa.

Para exemplificar, aspectos ambientais podem enquadrar a emissão de resíduos, poluentes, emissões das mais diversas ordens (atmosférica, sólida, acústica) derivadas das atividades de uma atividade humana, particularmente, dos processos produtivos de organizações e empresas. Mas também podem ser definidos como os recursos naturais requerentes para o desenvolvimento de determinada atividade.

Ainda é importante destacar que:

(...) uma característica positiva da diferenciação entre aspecto e impacto ambiental adotada pela norma é deixar claro que a emissão de um poluente não é um impacto ambiental. Impacto é alteração da qualidade ambiental que resulta dessa emissão. É a manifestação no receptor, seja este um componente do meio físico, biótico ou antrópico. (SÁNCHEZ, 2011)

A distinção entre aspecto e impacto ambientais proporcionam objetividade às ações para a melhoria do desempenho ambiental de um produto, na medida que não requer a determinação exata das alterações da qualidade ambiental (impacto ambiental) para agir sobre os aspectos ambientais. Requer, porém, estabelecer as correlações principais entre ambos e a mensuração dos aspectos ambientais envolvidos na produção de um determinado bem ou serviço. Mensuração esta que é possível ser executada para um processo produtivo de uma empresa.

2 ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS PARA MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO SUBSISTEMA ESTRUTURA

Neste capítulo são elencadas as estratégias tecnológicas disponíveis no mercado da construção civil ou objeto de pesquisas acadêmicas que permitem melhor desempenho ambiental em relação às tecnologias de prática corrente, aplicadas ao subsistema estrutural.

A partir do objetivo, a busca da melhoria do desempenho ambiental da estrutura de edifícios, foram destacadas as seguintes abordagens, dentre as identificadas:

- 1) Redução do consumo de materiais
- 2) Mitigação de aspectos ambientais
- 3) Escolha adequada do processo construtivo para cada tipologia
- 4) Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos ambientais durante seu ciclo de vida
- 5) Reuso e Reciclagem
- 6) Uso de fontes renováveis

Em seguida, foram selecionadas as estratégias tecnológicas alinhadas a cada uma das abordagens e discutidas suas vantagens e restrições.

2.1 REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATERIAIS

Esta é a abordagem mais direta assumida a partir das discussões apresentadas no item 1.3, independente de qual o material, técnica, método ou processo construtivo a ser utilizado na estrutura. Mas se deve questionar se na prática este procedimento fundamental é incorporado na lógica de produção. Ou seja, não é necessária uma estratégia tecnológica específica para esta abordagem, mas sim a aplicação de uma lógica na definição do partido arquitetônico e nas definições de desenho dos componentes escolhidos que contemple soluções com objetivo de reduzir o consumo de materiais.

A principal estratégia é, portanto, o projeto de estrutura, e respeitados os limites das normas técnicas aplicáveis, deve ser empregada a solução que demande menor consumo em massa de materiais, considerando duas análises. Primeira, adotando um mesmo processo construtivo e variando as características da edificação e da estrutura, ou, segunda, comparando o desempenho relativo ao consumo de materiais resultantes do emprego de processos construtivos distintos.

Porém, apesar da sua obviedade, essa abordagem nem sempre é exercida dentro de seu potencial ou, simplesmente, não é utilizada. Porém, como uma das consequências da forma linear de produção de projetos (MELHADO,1994), os projetistas de estrutura são usualmente incorporados ao projeto após o partido arquitetônico ser definido, limitando a intervenção e as propostas que façam uso de menor volume de materiais e outras abordagens com o objetivo de melhoria do desempenho ambiental.

Portanto, uma estratégia para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis é a contratação e participação dos projetistas de estrutura no momento anterior à apresentação do estudo preliminar ao cliente e considerar como uma das metas a redução do consumo de materiais.

O projeto estrutural do Hearst Tower, executado em 2006 na cidade de Nova York, demonstra a capacidade de redução de aspectos ambientais quando se adota na sua concepção princípios de sustentabilidade. Neste caso, Umakoshi (2008) aponta para a redução do consumo de aço estimada em 20% com a alteração do projeto estrutural. Assim o estudo de alternativas de soluções estruturais tem que considerar o uso mais racional do material. Este argumento deve ser qualificado para viabilizar soluções tecnológicas ou formais que, por questão de falta de tradição construtiva ou custo elevado, não se viabilizariam. O argumento da sustentabilidade deve participar da decisão das alternativas, considerando-o em conjunto com outros de base econômica, construtiva, de desempenho e também de linguagem visual ou estética.

Um exemplo a citar é o uso de estruturas em abóbadas, que propostas pelo projetista de arquitetura ou de estrutura permitem uma relação diferente entre vão e massa de materiais, exigindo menor consumo de materiais. Em contrapartida, exige mão de obra qualificada, podem alterar o tempo de execução, o custo, as dimensões de espaço utilizado, o desenho arquitetônico etc.

Outro exemplo de tecnologia a ser incorporada no momento do projeto é o uso de protensão. Este expediente exige métodos construtivos de maior complexidade, porém propicia a racionalização do processo construtivo com possibilidade de eliminação de vigas, simplificação das formas e redução do consumo de concreto por redução das alturas de laje e racionalização da execução das vedações caso seja eliminado ou restringido o uso de vigas.

Considerando a fase de execução, importantes melhorias podem ser incorporadas em simples alterações na forma de produção. Resende *et al* (98) apontam para um desperdício médio de 17,21% frente a 8,21%, do concreto executado na obra comparativamente ao concreto usinado.

Estas medidas, restrição da venda do cimento ensacado e estímulo a duas alternativas tecnológicas (concreto usinado e ou concreto ensacado pronto), teriam como objetivo melhorar o desempenho de pequenas obras ou reformas, que não devem ser ignoradas em face do elevado número de autoconstruções². O objetivo é reduzir erros de traços de concreto, obtendo-se um melhor desempenho da estrutura, eliminando-se desperdícios e permitindo a redução da espessura média, ou a manutenção da espessura média mas com melhor nível de desempenho .

Outro ganho potencial, deve-se ao fato de que a industrialização dos componentes do concreto permite um maior controle da cadeia de suprimentos, especialmente da produção de agregados, coibindo o mercado irregular dos mesmos.

² Conforme pesquisa realizada pelo Sindicato da Indústria do Cimento (SNIC) que se baseiou nos dados da pesquisa de orçamento familiar do IBGE do ano de 2008-2009, estima-se que o consumidor doméstico de cimento seja da ordem de 18%

2.2 MITIGAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS

Possan *et al* (2012) discutem um instrumento de análise de possível mitigação dos aspectos ambientais gerados pela produção de gases causadores do efeito estufa das estruturas de concreto, por meio do sequestro de carbono da atmosfera, através das reações naturais de carbonatação ao longo da vida útil. Esta abordagem não se volta tanto para a promoção da mitigação, mas principalmente para a melhor compreensão da real produção de aspectos ambientais que as estruturas de concreto podem gerar, considerando todo o seu ciclo de vida. Engloba assim não apenas a análise mais recorrente, que considera fundamentalmente a produção de CO₂ do cimento, que responde por aproximadamente 90% da produção do CO₂ do concreto. (POSSAN *et al*, 2012)

Esta análise, mesmo considerando índices muito discrepantes, resultados de diversos estudos, que, quanto maior for a vida útil de uma construção, conclui que maior será a percentagem de sequestro de CO₂. O estudo de Possan *et al* (2012) busca definir números para uma tipologia de grande importância nacional para a produção de eletricidade, as hidroelétricas, considerando o consumo de concreto para sua execução e seu tempo de vida útil.

Porém existem alguns contracensos, que apontam para a limitação dessa abordagem. Primeiramente, se a carbonatação aumenta com o tempo, também contribui para redução da vida útil das estruturas, alterando substancialmente o pH, acidificando-o, e favorecendo a corrosão de armaduras. Como consequência esse processo não pode ser “estimulado”, limitando, portanto, o desenvolvimento de uma alternativa como melhoria da sustentabilidade do concreto, como material, que compensaria em parte o que foi gerado de impacto ambiental negativo pela emissão de CO₂ na sua produção. (POSSAN *et al*, 2012)

A utilidade dessa abordagem é permitir compreender um aspecto ambiental em particular (a produção de CO₂), considerando a ACV, e permitindo comparar alternativas de desenho da própria estrutura de concreto (protegidas ou não) ou comparar com diferentes processos construtivos, como por exemplo, aço e madeira. Mas outros estudos devem ser desenvolvidos para que de fato tenha-se dados para

avaliar o impacto do concreto. Possan *et al* (2012) concluíram apenas que se comprovou a existência do processo na barragem de Itaipu e a influência do meio sobre esse processo, mas como esses resultados são parciais, a pesquisa não quantificou o que representaria o sequestro de CO₂ pela carbonatação no empreendimento, para que seja possível a elaboração de indicadores para estruturas de concreto.

Avaliações desta natureza, não encontradas em outros estudos nacionais e profundamente discrepantes em estudos estrangeiros [POSSAN *et al*, 2012], são importantes para avaliar qual a relação da carbonatação com a idade e com concretos produzidos no Brasil, para as condições climáticas locais, auxiliando a compreensão da real contribuição para produção de gases do efeito estufa das estruturas de concreto executadas no Brasil.

2.3 ADEQUAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO À TIPOLOGIA

Esta abordagem é central nas atividades de projeto. No entanto, a decisão sobre a escolha de um processo construtivo considerando critérios de sustentabilidade é ainda obscura para os desenvolvedores do projeto.

Uma questão é a especialização das empresas de projeto estrutural em poucos, ou muitas vezes, em apenas um processo construtivo, o que inviabiliza a comparação, em um espaço curto de tempo, por meio de simulações entre as diversas alternativas de estrutura. Ou seja, a escolha do processo construtivo por critério de desempenho ambiental mais aprofundado, especialmente ACV ou mesmo consumo de materiais, não parece ser algo simples de ser feito em escala significativa, ao menos em curto espaço de tempo. Esta análise é limitada em parte pela abrangência da capacidade técnica da empresa de projeto estrutural.

Em levantamento bibliográfico sobre estudos desta natureza, foram encontrados exemplares destacáveis apenas fora do País. Gervásio e Silva (2005) compararam os aspectos ambientais exigidos para a execução de uma ponte em diferentes processos construtivos. Para mensuração dos aspectos ambientais, foram utilizados

os dados de diferentes insumos básicos para a execução de cada processo construtivo. Utilizando o método de cálculo do programa BEES, os autores chegaram aos resultados expressos na figura 1.

Figura 1: Comparação entre aspectos ambientais decorrentes de diferentes processos construtivos para execução de uma obra de arte, extraído de Gervásio e Silva (2005)

O principal mérito do estudo é demonstrar, através de uma síntese gráfica, o desempenho ambiental de cada uma das alternativas conforme a série da norma ISO 14.040 e utilizando o programa BEES. Com este exercício, se relaciona o desempenho estrutural de cada processo (especialmente valores de resistências a compressão e módulo de elasticidade), com o aspecto ambiental de cada insumo. Considerando que o desempenho estrutural é inversamente proporcional ao consumo de materiais, e que este é diretamente proporcional à geração de aspectos ambientais, consegue-se através desse método comparar diferentes alternativas estruturais para um empreendimento.

No caso investigado pelo estudo de Gervásio e Silva (2005), fica claro o melhor desempenho da estrutura mista com aço apenas de origem de arco eléctrico (aproximadamente 900 mil pontos) em relação à estrutura somente de concreto armado (aproximadamente 1.400 mil pontos), bem como à estrutura mista de aço (50% arco eléctrico e 50% alto forno) e principalmente à estrutura de aço exclusivamente executada a partir de aço de alto forno (aproximadamente 1.700 mil pontos).

Uma limitação do estudo é a comparação linear entre os diferentes aspectos ambientais. Para uma comparação mais racional é preciso estabelecer uma hierarquia de importância entre os 11 índices adotados, atribuindo um peso compatível com a gravidade dos impactos ambientais a eles associados.

Os resultados desta análise são limitados ao mercado de Portugal, carecem de um banco de dados mais desenvolvido acerca dos aspectos produzidos por cada insumo, e, mesmo servindo como importante indicativo, não podem ser estendidos ao mercado nacional.

Murta *et al* (2010) produziram uma avaliação comparativa, com aplicação que tende à universalização, mas que tem como foco o desenvolvimento de um processo construtivo de baixo consumo energético com objetivo de reduzir ao máximo a emissão de CO_{2eq}. A abordagem anterior de Gervásio e Silva (2005) baseia-se na intensificação tecnológica para melhoria do desempenho das estruturas. Murta *et al* (2010) partem do princípio de construção “carbono zero”.

A construção “carbono zero” é o conceito que estabelece como meta que durante a vida útil da edificação a produção de CO_{2eq} seja zero. Para chegar a esse objetivo adota-se processos e métodos construtivos com menor emissão possível de gases de efeito estufa, utiliza-se métodos de redução do consumo energético, emprega-se geração de energia no próprio empreendimento, e, por fim, faz-se a compensação do CO_{2eq} remanescente.

Murta *et al* (2010) definem três processos construtivos para análise:

- 1) Tradicional: concreto armado + blocos cerâmicos assentados com argamassa;
- 2) Sustentável com Materiais Novos (PBTPMN): estrutura de madeira nova + blocos de terra compactada com 10% de adição de argamassa de assentamento composta de terra + pisos de madeira nova

- 3) Sustentável com Materiais Reutilizados (PBTPMR): estrutura de madeira reutilizada + blocos de terra compactada com 10% de adição de argamassa de assentamento composta de terra + pisos de madeira reutilizada

Os resultados seguem na Tabela 1.

Valores actualizados da comparação das soluções estruturais por parâmetro (Câmbio monetário de Junho 2009).

Parâmetro	Unidade	Tradicional	PBTPMN	PBTPMR	Melhor solução
Custo	€/m ²	40,82	38,73	24,15	PBTPMR
Gasto energético	MJ/m ²	1623,69	622,60	433,86	PBTPMR
Emissão CO ₂	kg-CO ₂ /m ²	135,64	47,77	31,67	PBTPMR

Tabela 1 – Aspectos ambientais relacionados a diferentes processos construtivos (MURTA *et al*, 2010)

O estudo de Murta *et al* (2010) contribui com um método de comparação por indicadores de diversos processos construtivos, definido por um método que relaciona um aspecto ambiental (emissão de CO_{2eq}) à unidade construtiva (m²). Porém a escolha do processo construtivo de baixa emissão restringe as tipologias passíveis de aplicação.

2.4 AUMENTO DA VIDA ÚTIL E DIMINUIÇÃO DE IMPACTOS DURANTE O CICLO DE VIDA

A abordagem, aumento da vida útil e diminuição de impactos durante o ciclo de vida, se justifica tanto pela questão de sustentabilidade quanto pelos custos infringidos aos usuários na manutenção de estruturas. Para se avaliar o impacto econômico da manutenção de estruturas de concreto armado, Medeiros *et al* (2011) levantaram o custo dessa natureza em alguns países, comparando-o com o gasto com estruturas novas.

Gastos em países desenvolvidos com manutenção.

país	gastos com construções novas	gastos com manutenção e reparo	gastos totais com construção
França	85,6 Bilhões de Euros (52%)	79,6 Bilhões de Euros (48%)	165,2 Bilhões de Euros (100%)
Alemanhã	99,7 Bilhões de Euros (50%)	99,0 Bilhões de Euros (50%)	198,7 Bilhões de Euros (100%)
Itália	58,6 Bilhões de Euros (43%)	76,8 Bilhões de Euros (57%)	135,4 Bilhões de Euros (100%)
Reino Unido	60,7 Bilhões de Pounds (50%)	61,2 Bilhões de libras (50%)	121,9 Bilhões de Pounds (100%)

Nota: todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se refere ao ano de 2002.

Tabela 2: Custos em manutenção (MEDEIROS *et al*, 2011)

Os países citados no Tabela 2 apresentam uma estabilidade no volume de produção do setor da construção civil. A demanda por novas edificações, especialmente para habitação, e também no setor infraestrutura, apresenta um quadro estável (MEDEIROS *et al*, 2011). No Brasil, ainda se ressentem de edificações para habitação, edifícios públicos, como hospitais, escolas, universidades, e de infraestrutura, estradas, portos, usinas, ferrovias etc; mas, devido a estabilidade do contingente populacional que os últimos censos já vislumbram, é possível que o País apresente estabilidade no volume de construções, ocasionando significativos gastos na manutenção de estruturas de maneira similar ao observado na Tabela 2 acima em um horizonte de décadas. (IBGE, 2012)

Freyermuch (2001 apud MEHTA, 2001) defende a ampliação da vida útil definidas normativamente de usuais 50 anos para 100 a 120 anos para obras usuais, e de 150 pelo menos para obras de infraestruturas como pontes. Esta disposição amortizaria os aspectos ambientais produzidos na fase de execução, considerando a ampliação da vida útil das estruturas, assim como reduziria os aspectos ambientais relacionados à fase de uso, evitando o desenvolvimento de manifestações patológicas em estágios posteriores.

A ampliação da vida útil projetada pode não significar a melhoria do desempenho ambiental, caso a ampliação dos aspectos ambientais relacionados à incorporação de uma dada tecnologia não seja amortizada devido a redução precoce da vida útil.

Ou seja a alteração do programa de uma edificação ou a necessidade de demolição para execução de uma nova edificação ou infraestrutura podem minar todo o esforço

na obtenção de estruturas mais duráveis quando do seu projeto e expectativa. É possível pensar a durabilidade desde que se alie a flexibilidade ou se amplie a reciclabilidade (ver item 3.6 Reuso e Reciclagem) para ao menos amortizar os aspectos ambientais gerados pela estrutura.

Por outro lado, em relação à vida útil, Mehta (2002) levanta uma questão preocupante em relação a durabilidade do concreto: “por que as estruturas em concreto armado começam a se deteriorar muito mais cedo do que a vida útil projetada?” Ou seja, apesar de toda a técnica e conhecimento sobre o material desenvolvidos nos últimos anos, isso não foi traduzido em melhor desempenho, mas sim por menor desempenho do que o esperado. Uma hipótese defendida por esse autor é que:

(...) práticas de concreto reducionistas, dirigidas unicamente pela demanda de construção rápida, são geralmente responsáveis por excessivas fissuras (...). Atualmente misturas de concreto contêm grande proporção de reagente de cimento portland (com C_3S) que produz alta resistência em baixa idade. Mas, este tipo de concreto também sofre alta contração térmica e alta fissuração por secagem. Consequentemente, o concreto fissa e perde a estanqueidade mais cedo do que as misturas de concreto utilizadas de 50 a 60 anos atrás. (MEHTA, 2002)

Ao questionamento de Mehta (2002) deve-se somar à consideração quanto panorama das cidades frente às mudanças climáticas. Os ambientes das futuras estruturas, que majoritariamente estarão em grandes centros urbanos, podem ser mais agressivos que o verificado hoje, necessitando de ajustes a partir da constatação de variação dos elementos agressivos no ar e na chuva.

Årskog *et al* (2004) avaliaram o consumo de recursos e produção de aspectos ambientais, especialmente de resíduos e de emissões, comparando dois métodos de manutenção de estruturas de concreto.

Na comparação entre o método de tratamento de armaduras com retirada da cobertura de concreto (50mm) com jato de água em alta pressão (1000 bar), tratamento das armações e cobertura com concreto projetado, com o método de

aplicação de superfície de proteção hidrófuga, Årskog *et al* (2004) chegaram aos resultados expostos na Tabela 3.

Método	Aspecto Ambiental	Consumo de Energia (MJ/m ²)	Emissão de GEE (Kg CO ₂ eq/m ²)	Emissão de Sulfatos (g SO ₂ eq/m ²)	Emissão de fosfatos (g PO ₄ eq/m ²)	Emissão de Etenos (g Eteno eq / m ²)
	Impacto Ambiental	-	Aquecimento Global	Acidificação	Eutrofização	Formação de Foto-oxidação
Tratamento Hidrófugo		76	2,6	1	15	70
Reparação fragmento		1642	122	125	1902	383

Tabela 3: Comparação entre aspectos ambientais de dois processos de Tratamento de Armaduras do Concreto (ÅRSKOG *et al*, 2004)

Pelos dados apresentados, pode-se avaliar a diferença em termos ambientais que o uso de uma dada estratégia tecnológica com o objetivo de ampliar a vida útil pode desempenhar na análise de ciclo de vida da estrutura de concreto. Considerando a produção de CO_{2eq}, observa-se que o segundo método produz 47 vezes mais. Sendo que os 122 Kg CO_{2eq}/m², revertidos em volume e considerando uma parede de 20 de espessura, corresponde a 610 Kg CO_{2eq}/m³. Ou seja, aproximadamente 25% do CO_{2eq} produzido na fabricação do concreto (considerando concreto com densidade média de 2500 Kg/m³ (ÅRSKOG *et al* , 2004).

Outras tecnologias incorporadoras na produção do concreto ou utilizadas para aumentar sua durabilidade podem auxiliar substancialmente na mitigação dos aspectos ambientais produzidos durante seu ciclo de vida. A partir dessa abordagem, Banthia (2009) propõe a utilização de biofibras para dificultar o aparecimento ou crescimento de fissuras e como consequência, redução da permeabilidade da estrutura de concreto. No estudo de Banthia (2002), as amostras submetidas a uma diferentes níveis de pressão para verificação do fluxo de água (permeabilidade) tiveram um comportamento inversamente proporcional entre a concentração de fibras orgânicas e o coeficiente de permeabilidade. As amostras

com maiores concentrações de fibras obtiveram menores coeficientes de permeabilidades considerando o mesmo nível de pressão (ver Figura 2).

Normalized permeability coefficients

Figura 2: Gráfico que contrapõe permeabilidade e tensão com diferentes concentrações de fibras orgânicas (BANTHIA, 2009)

Porém, este estudo, apesar dos resultados promissores, esbarra no lapso de informações de estruturas em uso e, como salienta o autor, de estudos sobre permeabilidade, demonstrando a variação da permeabilidade ao longo da vida útil de estrutura existente.

Jonkers *et al* (2008) utilizam uma abordagem inovadora ao propor a incorporação de bactérias resistentes ao meio alcalino à massa do concreto como auxílio do processo de cura e redução da formação de fissuras e consequente redução da penetração de água e deterioração do concreto e armaduras. Porém o estudo apresenta limitações, com a redução da resistência a compressão do concreto e o limite de vida das culturas além dos 28 dias. No entanto, demonstra a importância da intensificação da tecnologia para desenvolvimento de concretos mais duráveis e, portanto, mitigando custos e aspectos ambientais produzidos durante a vida útil dos edifícios.

A abordagem de Li *et al* (2009) também foge do que recorrentemente encontra-se sobre sustentabilidade de concreto, ao propor a substituição da base do aglomerante de cimento portland para cimento de magnésio e de geopolímero. O princípio é obter um concreto com menor geração de aspectos ambientais e com

melhor desempenho do que o concreto empregando cimento portland, e com uma durabilidade superior.

O cimento geopolimérico é descrito como:

(...) aglomerante cimentício formado por ativação alcalina de pó de aluminossilicatos (típicamente materiais com alta percentagem de sílica e alumina), e que não requer presença habitual do cimento portland (CP). A reação química na formação do gel do geopolimérico envolve uma reação de policondensação entre silício e alumínio no material base com o hidróxido alcalino formando um rede tridimensional de aluminato e silicato tetraedro com pontes de oxigênio tipicamente conhecidas como poli(sialato). (ALLOUCHE, VAIDYA, 2011)

A seguir são indicadas algumas vantagens relacionadas ao cimento de geopolímero em relação ao cimento portland comum, segundo Li *et al* (2009):

- *vasta fonte de recursos*: qualquer composto pozolâmico ou fonte de silicatos ou alumínio-silicatos solúveis em solução alcalina funciona como fonte para produção de geopolímero;
- *baixo consumo energético*: os geopolímeros são produzidos a temperaturas mais baixas, entre 600 e 800 °C, requerendo processo menos intensivo energeticamente, que gera uma economia na ordem de 3/5 em relação ao cimento Portland;
- *boa estabilidade volumétrica*: apresenta retração 4/5 menor que a do cimento Portland;
- *alta velocidade em ganho de resistência*: ganho de 70% da resistência final à compressão em apenas 4 horas;
- *altíssima durabilidade*: argamassas ou concretos com geopolímeros são pouco suscetíveis às intempéris, preservando suas características de desempenho

na escala de décadas; como consequência, apresentam um desempenho elevado na ACV;

- alta resistência ao fogo: mantém suas funções em temperaturas de 1000 a 1200 °C, com uma condutividade térmica variando entre 0,24 W/mK a 0,3 W/mK, sendo que o concreto com escória (1600 a 1900 kg/m³) apresenta aproximadamente 0,45 a 0,7 W/mK, e o concreto leve (1000 a 1300 kg/m³), aproximadamente 0,35 a 0,5 W/mK.

Apesar do potencial de desenvolvimento dos concretos com geopolímeros, pouco se avançou na expansão do uso desde a sua formulação no início da década de 1970. Estudos para a aplicação de geopolímeros, dentro do escopo desta pesquisa, foram identificados em número restrito. Os estudos nacionais identificados são voltados, majoritariamente, para a produção de artefatos anti-balísticos.

Bigno *et al* (2005) desenvolveram concreto geopolimérico de escória granulada de alto forno (EGAF) substituindo parcialmente como fonte de sílica e cálcio a cinza de casca de arroz (CCA) e casca de ovo calcificada (COC), respectivamente, obtendo resultados satisfatórios de resistência mecânica à compressão após 7 dias, quando comparados com amostra referência de cimento Portland de alta resistência inicial (ver figura 5).

pode-se observar o desempenho mecânico da formulação padrão PI –A e desta com substituição de 20% da EGAF por CCA e COC (PI-B).

Figura 3: Resistência a compressão de duas amostras de argamassas geopoliméricas (BIGNO *et al*, 2005)

GRÁFICO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO DAS ARGAMASSAS GEOPOLIMÉRICAS PII-A, PII-B E PII-C

pode-se observar o desempenho mecânico da formulação padrão PII-A e desta com substituições de 40% e 100% da EGAF por CCA e COC, PII-B e PII-C respectivamente.

Figura 4: Resistência a compressão de três amostras de argamassas geopoliméricas (BIGNO *et al*, 2005)

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO DA ARGAMASSA DE CIMENTO CPV-ARI

Figura 5: Resistência a compressão de amostras de argamassas CPV-ARI (BIGNO *et al*, 2005)

Os resultados obtidos por Bigno *et al* (2005) corroboram a potencialidade de desenvolvimento de um concreto geopolímero no Brasil visando substituir parcialmente o uso do concreto a base de cimento portland, com bom desempenho e tornando o setor da construção civil mais sustentável, baseando-se na redução de aspectos ambientais produzidos durante a produção do cimento geopolímero e da durabilidade do concreto defendida por Li *et al* (2009).

Apesar da consistência dos resultados, com valores variando entre 50 e 60 MPa, e da contribuição do estudo ao desenvolvimento do concreto geopolimérico no Brasil, é necessário avaliar se a produção desses subprodutos pode ser suficiente para

viabilizar a produção do concreto e outro estudo deve ser realizado para avaliar a capacidade de incorporação pela cadeia produtiva do setor.

Porém o uso do concreto geopolimérico não significa que se possa fazer uso irrestrito do concreto. Se os aspectos gerados pelo cimento geopolimérico são substancialmente menores quando comparados aos do cimento Portland, especialmente quando considerado os relacionados a eliminação de gases de efeito estufa e o consumo energético, os concretos e argamassas geopoliméricas ainda sim requerem grandes volumes de agregados e água.

Mehta (2002) estima que anualmente se consuma no mundo, considerando o concreto de cimento portland comum (composição em massa de 12% aglomerante, 8% de água e 80% em aglomerados), 10 bilhões de toneladas de rocha e areia e ainda 900 milhões de toneladas de água. Ou seja, para se alcançar um setor mais sustentável, diminuindo a pressão sobre os recursos não renováveis, é necessário assumir uma outra abordagem, a da reciclagem. Essa abordagem é fundamental considerando que, nos próximos anos, com a expansão populacional em curso, a demanda por infraestrutura e edificações não poderá ser reduzida, especialmente nos países em desenvolvimento (MEHTA, 2002).

2.5 REUSO E RECICLAGEM

A estratégia comumente empregada quando se trata de estruturas de concreto é a incorporação de subprodutos ou resíduos de outras indústrias. Este tipo de mitigação pode não significar nada além do que a destinação de um resíduo, sem variar o impacto da produção do concreto, se os resíduos adicionados ao concreto não objetivarem a melhoria do seu desempenho.

Barbosa *et al* (2006) contribuem com uma abordagem relevante sobre reuso de materiais incorporados à massa do concreto, na medida que propõem a utilização de cinza de casca de arroz, com objetivo de melhora no desempenho do concreto devido às concentrações elevadas de sílica (de 74 a 97% a depender do tipo de queima). Seguindo estudos precedentes que direcionam o melhor desempenho com 5% de substituição de cinza residual amorfa em relação à massa do aglomerante e

combinado a utilização de borracha de pneus, formulou-se um protótipo de concreto dentro dos padrões de um CAD (concreto de alto desempenho).

No entanto, apesar dos resultados satisfatórios indicados, a aplicação depende de um resíduo com escalas de produção que devem ser verificadas, pois a disparidade de uma em relação à outra podem inviabilizar a aplicação do estudo em escala nacional.

Tashima *et al* (2011) contribuem com o esboço da escala de produção da casca de arroz, concluindo que aproximadamente 20% da massa do arroz seja convertida em casca de arroz. Mas não dimensionam a massa resultante em cinza após a queima, geralmente utilizada no processo de parabolização do arroz. Ou seja, não se sabe que ordem de grandeza o concreto com CCA adicionada pode atender ao mercado nacional.

Adicionalmente, como Barbosa *et al* (2006) descrevem, a cadeia produtiva do arroz também deve ser alterada, pois exigiria que os fornos hoje utilizados para a produção do arroz, e que realizam a queima da casca para gerar um subproduto, fossem adaptados para que a cinza incorporada ao concreto possua níveis regulares de sílica.

A abordagem do uso de subprodutos pode ser questionável, na medida que os custos de operacionalização e o volume da produção dos subprodutos podem não justificar a adoção como uma solução de sustentabilidade. Como designa o termo, subproduto é dependente do produto principal, e assim se sujeita às variações de mercado deste último, tornando, portanto, mais limitado o desenvolvimento e consolidação de uma subcadeia para este insumo.

A utilização da borracha de pneu como agregado miúdo é justificada pela capacidade de incorporar a função de isolante estrutural limitando a formação de tensões que, por sua vez, repercutem na formação de fissuras e diminuição da vida útil da estrutura. Em contrapartida, ocorre a diminuição da resistência, que, conforme indicado a partir de estudos anteriores, limita o seu emprego em até 20%

do volume de concreto. Para contrabalançar a perda de resistência, a adição de sílica ativa proporciona um ganho de resistência e permite a produção de CAD. (BARBOSA *et al*, 2006)

O mesmo raciocínio discutido acerca da produção da CCA (produção do subproduto ou resíduo compatível com a incorporação na massa do concreto, ambos em escala nacional) deve ser aplicado ao insumo borracha de pneu. A borracha de pneu pode ser justificada pela sua escala de produção, considerando que no ano de 2012, no Brasil, foram produzidas 66,9 milhões de unidade, conforme a ANIP (Associação Nacional da Indústrias de Pneumáticos) e pela adoção da resolução nº 258 do CONAMA, que hoje exige dos fabricantes de pneus o recolhimento e destinação adequada dos pneus após a vida útil. Ou seja, além da escala de produção, existe uma pressão da sociedade para que os fabricantes deem destinação correta ao resíduo de pneus.

Apesar das abordagens anteriores relacionadas ao aproveitamento de resíduos, a alternativa de grande potencial de desenvolvimento de estruturas de concreto mais sustentáveis está na reciclagem dos resíduos de demolição e construção. Calcula-se que, na América do Norte, Europa e Japão, dois terços dos RCC (Resíduos da Construção Civil) se resumem a alvenaria e concreto (MEHTA, 2001). Portanto, trata-se de discutir a possibilidade de estruturas de concreto constituírem novas estruturas de concreto, e não o seu reaproveitamento, como por exemplo, para subleito de vias. Apesar dos grandes volumes de RCC de concreto, há um grande desafio em utilizá-las para novas estruturas por diversos motivos, em que se destaca a dificuldade de se alcançar desempenhos comparáveis a dos insumos virgens.

O desafio é que: “agregados de concreto reciclado, particularmente de agregados de alvenaria reciclados, têm mais alta porosidade do que os agregados naturais. Portanto, com uma dada trabalhabilidade, a água requerida para o concreto fresco tende a ser elevada e propriedades mecânicas do concreto endurecido são adversamente afetadas. O problema pode ser resolvido usando misturas de agregados naturais e reciclados ou usando frações reduzidas de água e cinzas no concreto.” (MEHTA, 2001)

Dentro da abordagem recorrente na bibliografia coletada, Dosho (2006) propõe a utilização de concreto reciclado como fonte de agregados para produção de estrutura de concreto, considerando os parâmetros de desempenho dos agregados naturais. Dosho (2006) reproduz um estudo de caso interessante que justificou o emprego do resíduo de concreto como agregado.

A Companhia de Energia de Tokio (TEPCO) planejou a substituição de antigas instalações de produção de energia térmica em um curto período de tempo. A possibilidade do uso dos RCC como material reciclado para estruturas de concreto surgiu devido ao problema com descarte do concreto que não poderia ser utilizada como sub-leito para rodovia devido a possibilidade de contaminação do solo, e a produção de grande volume de resíduos em curto período de tempo. O grande volume de concreto proveniente da mesma origem facilitou a aprovação pelos órgãos fiscalizadores e viabilizou a execução de outras estruturas.

Essas são as grandes questões limitantes do emprego de concreto reciclado em novas estruturas de concreto: a variabilidade da composição e propriedades do concreto a reciclar e o processo de se obter os agregados. Neste último item, Dosho (2006) especifica os métodos utilizados para obtenção dos agregados graúdos e miúdos a partir da separação do concreto demolido.

A importância desse estudo é demonstrar:

Que o processo de manufatura é simples e o agregado graúdo reciclado pode ser manufaturado utilizando instalações comuns incluindo equipamentos móveis. (...) Utilizando este método, 55-73% de todo o resíduo pode ser utilizado como agregado graúdo reciclado para concreto estrutural. O restante 27-45% pode também ser utilizado como agregado fino reciclado para execução de artefatos pré-moldados de concreto. Além, caso o agregado fino reciclado contenha uma grande concentração da argamassa original que consideravelmente deteriora a qualidade do concreto, um processo de tratamento por moagem úmida é adicionada para melhoria da qualidade. (DOSHO, 2006)

Os resultados positivos com índices de reaproveitamento maior do que estudos anteriores utilizados como referência pelo próprio estudo de Dosho (2006) (35% de

recuperação de agregado graúdo e 21% de agregado fino e 44% restante em pó fino formado pela argamassa original), especialmente na execução de novas estruturas de concreto, são explicados pelo grande volume homogêneo dos resíduos de estruturas de concreto utilizados. Mas para um cenário de demolições em menor escala, a reciclagem de resíduos de construção para a produção de estruturas de concreto não foram encontradas propostas consolidadas.

No entanto, quando o tema é reciclagem de estruturas, as estruturas de aço ganham destaque (Gervásio e Silva, 2005). A possibilidade de demolição com separação e encaminhamento para fundição, amortizam os aspectos ambientais gerados na extração e produção do aço em cada ciclo de reciclagem, que em princípio não tem número limite determinado. Porém os dois processos básicos de produção do aço, por alto forno e por arco elétrico, envolvem aspectos ambientais muito diferentes, sendo que o último é o processo voltado especificamente para reciclagem, utilizando até 95% de material de origem de RCC para produção de aço e consome 10 GJ de energia por tonelada de aço. Enquanto o processo em alto forno utiliza até 25% de material reciclado e necessita de 29 GJ e consome a mais 1,25 toneladas de minério de ferro, 630 kg de carvão e 54 kg de calcário por tonelada de aço (IISI, 2004 apud GERVÁSIO e SILVA, 2005). Quando se considera 1kg de aço, são produzidos 462 g de CO_{2 eq} pelo modo de arco elétrico, e 2494 g CO_{2 eq} através de alto forno (ver outros dados comparativos na figura 6). Estes dados justificam a escolha pela reciclagem do aço.

Figura 6: Comparação entre os diferentes aspectos ambientais envolvidos nos dois processos de produção de aço, alto forno e arco elétrico. (GERVÁSIO e SILVA, 2005).

Quando se trata de reciclagem de materiais de construção, um princípio fundamental é a capacidade de, na etapa de demolição, separar os materiais possíveis de reciclagem. O método construtivo majoritariamente empregado no Brasil, definido por estrutura reticulada de concreto e vedação em blocos cerâmicos e revestimentos argamassados cimentícios, pode tornar inviável a etapa inicial de separação do processo de reciclagem.

A partir desse raciocínio, um indicador importante a ser proposto para uma construção ser mais sustentável é que o projeto permita a operação de desmonte. Este princípio sugere que os projetistas e construtores, ao elencar as técnicas, processos e métodos construtivos, planejem concomitantemente a execução e o desmonte do edifício, de forma similar ao que se propõe quando se produz um edifício efêmero ou móvel, mesmo quando se tratar de edifícios de longa vida útil, como edifícios públicos.

Ao se discutir capacidade de reciclagem e desmonte da estrutura, outros processos que são importantes serem considerados, mesmo dentro das suas restrições e potencialidades, são os que utilizam a terra. A restrição aos programas que podem atender com esse processo construtivo e a visão de baixa durabilidade e qualidade

desacreditam o seu uso. Porém a potencialidade de reciclagem com baixo consumo energético pode suplantar as deficiências de durabilidade, e aponta como um instrumento, dentro de especificidades programáticas, de desenvolvimento de uma construção mais sustentável (MAIA *et al*, 2009). Mas ainda é necessário melhor desenvolvimento das técnicas para aplicação dentro das especificidades brasileiras.

A restrição dos programas de uso é ainda o grande empecilho das obras com terra. Não faz sentido propor um programa habitacional para regiões metropolitanas para responder rapidamente a graves déficits de unidades habitacionais com blocos de adobe, principalmente considerando que o custo do lote infraestrutura para uma proposta de baixa densidade (pouco verticalizada) compromete a viabilidade do empreendimento. Mas pode fazer sentido em habitações unifamiliares longe dos grandes centros, ou propriedades rurais (TORRES & AKEMI, 2010). De acordo com os números do Censo de 2000 (IBGE, 2000), o déficit habitacional rural é de aproximadamente, 1 milhão de unidades. Ou seja, uma produção, que pode ser até mesmo no local do empreendimento, de baixíssima intensidade de uso energético e baixa produção de aspectos ambientais por transporte, dentro de um controle da técnica, pode resultar em edifícios duráveis e com bom desempenho térmico e acústico e com alta capacidade de reciclagem. (SANTOS, 2002)

Dentre as diversos métodos construtivos utilizados pode-se incluir desde a taipa de pilão, blocos de adobe, e tijolos de terra prensada. Esta última alternativa é a única que apresenta inserção no mercado, mesmo que de forma muito modesta. Ela pode ser destacada das demais devido à capacidade de racionalização no processo de execução dos tijolos e das alvenarias em contraste com as demais técnicas citadas, que requerem um maior conhecimento da produção por parte dos executores. Como as técnicas de construção em terra se destinam majoritariamente a autoconstrução, o desenvolvimento de capital humano é extremamente crítico para o sucesso do emprego dos processos construtivos em taipa de pilão, sopapo e adobe. Estes processos manuais levam a um excessivo tempo na produção, inviáveis para populações sujeitas a jornadas de trabalho longas como se observa no campo, pequenas cidades, ou mesmo nas franjas de grandes cidades. (TORRES & AKEMI, 2010); (MURTA *et al*, 2010); (PROMPT & BORELA, 2010)

Somam-se argumentos negativos às técnicas de taipa de pilão e de sopapo a intensidade do consumo energético. Para o primeiro caso, mesmo com a substituição da força humana por máquina de compactação manual, o tempo e a energia despendida são elevados. Não se questionam os aspectos ambientais produzidos por unidade construtiva, quando se comparada com a mesma construção em concreto armado ou alvenaria em blocos cerâmicos estrutural, mas a relação $m^2/hora/homem$ ser muito baixa. Esta baixa produtividade compromete a viabilidade econômica no caso de obras contratadas ou o prazo de execução no caso da autoconstrução. (TORRES & AKEMI, 2010); (MURTA *et al*, 2010); (PISANI, 2004)

Dessa forma, considera-se os processos construtivos citados, excetuando-se o tijolo de terra crua prensada, terão, apesar do estímulo a edificações sustentáveis e de baixo custo, um papel marginal na matriz construtiva nacional.

A técnica de prensar uma composição de terra e cimento através de prensa manual foi desenvolvida a partir da década de 1950 pelo pesquisador colombiano G. Ramirez, recriando a antiga cultura de utilizar a terra crua, porém incorporando ligante e condicionando uma resistência mais elevada através do moldagem das peças por meio de compactação. A técnica CINVA-RAM, definida como tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento, que será adotada como referência para este trabalho, será designada como tijolo de terra crua prensada. A primeira adaptação no Brasil ocorreu com o trabalho desenvolvido pela ABCP e com apoio do Banco Nacional da Habitação. (BARBOSA *et al*, 2002)

O ponto chave para o desempenho do tijolo de terra crua prensada, principalmente considerando a resistência a compressão, e para sua viabilidade econômica e sua sustentabilidade, é o teor de cimento. Assim composições com baixos teores de cimento são essenciais para o desenvolvimento de uma construção sustentável. Pois se o balanço energético é muito mais baixo com essa técnica, que não requer queima e, portanto, baixa produção de CO_2 , o consumo de cimento contrabalança negativamente, pois para ser produzido são gerados diversos aspectos ambientais,

especialmente CO₂. O consumo de cimento também ocorre no assentamento dos tijolos por meio da argamassa.

Portanto, a estratégia para o desenvolvimento de um tijolo de terra crua prensada com melhor desempenho ambiental é a redução dos teores de cimento na massa, e a redução do uso de argamassa de assentamento. (BARBOSA *et al*, 2002)

Para o último caso, recomenda-se o desenvolvimento de peças de maiores dimensões e com desenho que permita o intertravamento. Com esta última estratégia, a argamassa desempenhará um papel menos determinante, não colaborando para a manutenção da rigidez das paredes. O que possibilita o uso de argamassas com menor fator de cimento e com juntas de menor espessura.

Para todas as características a serem desenvolvidas (teor de cimento, maiores dimensões e geometria intertravada) a dependência do resultado dependerá da capacidade de se obter maiores pressões nos moldes.

Os tijolos executados com prensas de baixo desempenho (baixa energia de compactação) consomem de 8 a 15% de massa em cimento. Para prensas de melhor desempenho, com 2 MPa no molde, consomem de 4 a 6 %, a depender de outros fatores, essencialmente o tipo de solo e o tipo de cimento. (BARBOSA *et al*, 2002)

Portanto o correto uso da prensa, com o objetivo não somente da sustentabilidade, mas também para assegurar o desempenho do produto, necessita de um controle de produção. Neste ponto coloca-se um contrassenso neste método construtivo. Pois na medida que sua lógica de produção é manual, voltada para a pequena escala, dentro da lógica da autoprodução, em que o custo da aquisição de materiais inviabiliza a construção, e normalmente voltada para pequenas propriedades rurais (de acesso a centros técnicos limitado), a necessidade de um controle técnico para a formulação correta do traço de terra e cimento torna-se um ponto crítico. Assim essa técnica só se aplica em casos que haja uma assessoria técnica que desenvolva o traço correto.

Este pode ser o caso de uma região de assentamentos rurais em que via de regra existe um acompanhamento técnico governamental. E com um programa de construção desenvolvido por essa assessoria técnica de engenharia é possível que o custo dos ensaios e da compra de máquinas, utilizadas em consórcio entre os produtores, permita o acesso a edificações de qualidade, com custos significativamente menores e com excelente desempenho ambiental. O mesmo vale para as cooperativas rurais. Neste caso o custo de assessoria técnica e do custo de aquisição de máquinas é repartido entre os cooperados.

Mas pelo desempenho apresentado por esse processo construtivo, não se justificaria a criação de uma unidade de produção de tijolos conforme esta técnica? Esta “olaria a frio” se justificaria com o emprego de melhoria técnica para a produção em escala. A principal alteração na técnica seria a substituição da prensa manual por mecânica. Esta substituição permitiria a aplicação de maior energia de compactação e, como consequência melhor desempenho com menor consumo de cimento.

Há no mercado máquinas hidropneumáticas e hidráulicas que permitem a implantação de uma produção para abastecer o mercado local. E, apesar do fato do mercado ainda ser insipiente, já há empresas com produtos de melhor qualidade, que permitem incorporar programas e tipologias com até 3 pavimentos, indo além das preconizadas tipologias de apenas um pavimento. Comparando esses dois processos, manual *in loco* e industrial, a grande diferença em termos de sustentabilidade são os aspectos gerados pelo transporte. No primeiro caso, o transporte se restringe ao cimento e agregados para argamassa de assentamento e para o grauteamento (aproximadamente 20 % em volume), enquanto, no segundo caso, se considera o volume transportando para todo o conjunto das paredes estruturais.

A questão que se coloca nesta pesquisa é o potencial que as estruturas com solo representam em se produzir as mesmas estruturas após o fim da vida útil da edificação. Serem, portanto, de fato recicladas. Se as edificações produzidas através do processo construtivo de taipa de pilão ou adobe, além de outras formas

tradicionais de terra crua, o processo de reuso é conhecido, é possível estender essa qualidade aos tijolos de terra crua prensada?

Esta é o grande diferencial das construções em solo que podem ser utilizadas em uma técnica mais adaptada a escala de consumo das tipologias para habitação e pequenas edificações. Ou seja, aliar o bom desempenho energético e de resistência e durabilidade, para competir com o bloco cerâmico tradicional, e ainda permitir que o mesmo material retorne a linha de produção após o cumprimento do ciclo de vida. Porém, não foram encontradas pesquisas que explorem essa perspectiva.

Nas construções com solo, devido a extensão de recursos disponíveis, não se considera a possibilidade de reciclagem. De fato, a aplicação para unidades rurais relativamente isoladas não justifica a adoção dessa abordagem. Mas a aplicação em larga escala, que potencialmente este processo construtivo tem, com a criação de linhas de produção, sugere que essa abordagem seja reconhecida e desenvolvida.

2.6 FONTES RENOVÁVEIS

Os processos construtivos mais extensivamente utilizados no mundo (baseados em estruturas empregando aço, concreto e terra) são baseados em fontes de recursos não renováveis (aço, concreto, e em última instância terra). Sob este ponto de vista, as estruturas em madeira se destacam, permitindo uma produção que justifique a definição como renovável. Também outro destaque é a capacidade de estocar carbono (MURTA *et al*, 2010). Ou seja, a produção de madeira, o seu beneficiamento e o seu uso, mantendo-se ao longo da vida útil, diminui, ou ao menos não aumenta, a concentração dos gases de efeito estufa.

Porém, mesmo apresentando grandes reservas de madeira nativa e área de florestas cultivadas, correspondendo a 13% da área de florestas do mundo, as residências brasileiras executadas tendo como processo construtivo estrutura e vedações em madeira sofreram uma redução percentualmente de 1970 a 2009 de 20,2% para 6,6% no Brasil (PUNHAGUI *et al*, 2012).

A drástica redução de processos construtivos baseados em madeira pode ser explicada pela concepção hegemônica no Brasil de que residência com qualidade, durabilidade e segurança devem ser de alvenaria e concreto. E na medida que as populações que tradicionalmente fazem uso de residências em madeira, nas regiões Sul e Sudeste, obtiveram maior acesso ao concreto, blocos cerâmicos, etc, foram se urbanizando, os antigos processos construtivos de madeira foram dispensados (PUNHAGUI *et al*, 2012).

As hipóteses esboçadas por Punhagui *et al* (2012) para a redução da participação das residências de madeira são atribuídas à imagem coletiva de que a alvenaria é o material apropriado para uma edificação, e o declínio das reservas na mata Atlântica, que hoje se restringem aos limites legais de preservação, não sendo passíveis de uso de exploração comercial. O grande estoque de madeira advém da região amazônica. Porém a exploração legal é comprometida³ pelas distâncias a serem percorridas até os principais centros consumidores, Sul-Sudeste; pelas explorações ilegais que por fraudes entram no mercado legal; e o destino das áreas transformadas em pastagens, ocasionando graves impactos ambientais.

³ Dentro da ótica da ACV, os aspectos ambientais gerados pelo transporte, quase que exclusivamente por caminhões como indicam Punhagui *et al* (2012) são incorporados ao inventário do produto, contrabalançando negativamente o carbono estocado na madeira.

2.7 ABORDAGENS E ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS

A partir das abordagens e das estratégias relacionadas a cada uma delas, foi elaborada o quadro 1, que resume, as fontes, a justificativa ambiental e suas restrições para implantação ou desempenho. Este quadro foi utilizado posteriormente como base para elaboração da questionário aplicado na segunda fase desta pesquisa.

	Abordagem	Estratégia	Descrição	Melhoria ambiental	Fonte	Restrições
A	Redução do Consumo	Participação do projetista de estruturas desde as primeiras etapas do projeto	Contratação e participação dos projetistas de estrutura no momento anterior à apresentação do estudo preliminar ao cliente e considerar como uma das metas a redução do consumo de materiais	Possibilidade de incorporar estratégias de sustentabilidade ao projeto de estruturas, como por exemplo o estudo de alternativas de processos construtivos ou soluções estruturas que consumam menos materiais na etapa de execução	UMAKOSHI (2008)	Gestão de projeto linear que inviabiliza a incorporação de diversas disciplinas nas fases preliminares do projeto.
B	Redução do Consumo	Uso de concreto usinado	Substituição do concreto executado em obra por concreto produzido em usina	O desperdício de concreto em obra é de 17,21% comparado ao concreto usinado	RESENDE <i>et al</i> (98)	Ajuste da cadeia produtiva para fornecimento acessível para grandes e pequenas obras ao menos nos grandes centros de consumo de concreto do País.
C	Redução do Consumo	Restrição da Comercialização do Cimento Ensacado	Substituição da venda do cimento ensacado por concreto usinado ou por argamassas e traços prontos	Elevação da qualidade do concreto e argamassas, diminuindo desperdícios por traços mal proporcionados.	Vanderley Moacir John (referência verbal) ⁴	Depende de uma tomada de decisão da cadeia produtiva da construção civil

⁴ Proposta divulgada pelo prof. Dr. Vanderley Moacir John durante curso da disciplina PCC5100, Sustentabilidade do Ambiente Construído, integrante do programa de pós-graduação do Departamento de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da USP no ano de 2011

	Abordagem	Estratégia	Descrição	Melhoria ambiental	Fonte	Restrições
D	Mitigação de Aspectos	Medição do sequestro de carbono das estruturas de concreto	Avaliação da mitigação do impacto na produção do CO ₂ das estruturas de concreto armado a partir da análise do potencial de sequestro de carbono pelas reações de carbonatação ao longo da vida útil.	Auxilia na compreensão do CV do concreto, permitindo comparações com outros processos construtivos mais precisas.	POSSAN <i>et al</i> (2012)	As análises do processo de carbonatação são muito complexas, com inúmeras variáveis. O processo de sequestro de carbono não pode ser ampliado pois contribui para a redução da vida útil das estruturas.
E	Escolha adequada do processo construtivo para cada Tipologia	Análise comparativa dos aspectos ambientais gerados por diferentes processos construtivos para um mesmo empreendimento	Método para analisar através de uma síntese gráfica os aspectos ambientais gerados por diferentes processos construtivos para execução de um mesmo empreendimento, combinando a relação de desempenho estrutural com geração de aspectos ambientais.	Análise o desempenho ambiental de cada uma das alternativas conforme a metodologia do BEES, auxiliando na tomada de decisão dos executores	GERVÁSIO E SILVA (2005)	Metodologia que prescinde de uma base de dados dos aspectos ambientais, ainda incipiente no Brasil
F	Escolha adequada do processo construtivo para cada Tipologia	Análise comparativa entre três processos construtivos	Análise comparativa de três processos: Tradicional, sustentável com Materiais Novos e Sustentável com Materiais reutilizados	Contribui com um método de comparação por indicadores de diversos processos construtivos, definido por um método que relaciona aspectos ambientais e unidade de área construída(m ²)	MURTA <i>et al</i> (2010)	Método com limite de tipologias a serem atendidos
G	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu ciclo de vida	Ampliação da vida útil de projeto das estruturas	Ampliação da vida útil normativa das estruturas passando dos usuais 50 anos para 100 a 120 anos, e de pelo menos 150 anos para obras de infraestrutura,	Amortização dos aspectos ambientais produzidos na fase de execução e reduzindo-os durante a fase de uso, reduzindo tratamentos de patologias.	FREYERMUCH (2001) apud MEHTA (2001)	O dinamismo dos programas arquitetônicos e dos cenários urbanos podem não amortizar o impacto gerado na fase de execução
H	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu	Comparativo entre dois diferentes métodos de	Avaliação dos aspectos gerados por duas alternativas, o tratamento	O estudo indica, através de critérios mensuráveis, a importância de ações	(ÅRSKOG <i>et al</i> , 2004)	

	Abordagem	Estratégia	Descrição	Melhoria ambiental	Fonte	Restrições
	ciclo de vida	tratamento	hidrófugo prévio e a reparação do fragmento durante a fase de uso.	preventivas para melhoria da sustentabilidade de um empreendimento ao longo do seu ciclo de vida		
I	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu ciclo de vida	Incorporação de biofibras na massa do concreto	Estudo indica a redução da permeabilidade diretamente proporcional ao aumento da concentração de fibras.	Reduz o aparecimento de fissuras e como consequência a redução da permeabilidade, reduzindo a corrosão do aço	BANTHIA (2009)	Faltam informações sobre o desempenho em estruturas em uso
J	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu ciclo de vida	Incorporação de bactérias à massa do concreto	Incorporação de bactérias à massa do concreto resistentes ao meio alcalino para auxílio do processo de cura	Redução da formação de fissuras e consequente redução da penetração de água e deterioração do concreto e armaduras	JONKERS <i>et al</i> (2008)	Pesquisa ainda experimental
K	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu ciclo de vida	Concreto a partir de cimento de magnésio e de geopolímero	Substituição do cimento Portland como aglomerante por cimento de magnésio e de geopolímero	Elevada durabilidade em relação ao concreto de cimento Portland, com baixo consumo energético e fonte extensa de matéria prima	LI <i>et al</i> (2009)	Tecnologia restrita ao campo acadêmico e militar sem disseminação no mercado de construção civil
L	Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos durante seu ciclo de vida	Concreto geopolimérico a partir da casca de arroz e casca de ovo calcinada	Desenvolvimento de concreto geopolimérico utilizando como fonte de sílica e cálcio a cinza de casca de arroz e casca de ovo calcinada, atingindo valores de resistência à compressão entre 50 a 60 MPa	Elevada durabilidade em relação ao concreto de cimento Portland, com baixo consumo energético e fonte extensa de matéria prima e destinação de resíduos de outras indústrias	BIGNO <i>et al</i> (2005)	Tecnologia restrita ao campo acadêmico e dependente de resíduos de outras cadeias produtivas
M	Reuso e Reciclagem	Adição de cinza de casca de arroz à massa de concreto combinado borracha de pneu	A incorporação de 5% de cinza de casca de arroz com elevada concentração de sílica (74 a 97%) combinado a incorporação de borracha de pneu permite obtenção de um concreto dentro dos padrões de um CAD	Melhora o desempenho do concreto e permite a criação de destino para resíduos de outras indústrias	BARBOSA <i>et al</i> (2006)	Restrições na escala de produção e dependência de adequações e disponibilidade de um resíduo de outras cadeias produtivas
N	Reuso e Reciclagem	Reciclagem de agregados de	Execução de novas estruturas e artefatos de	Redução no consumo de agregados virgens e	DOSHO (2006)	Variabilidade do concreto demolido, de

	Abordagem	Estratégia	Descrição	Melhoria ambiental	Fonte	Restrições
		concreto para execução de concreto	concreto a partir da demolição de estruturas concretos para execução de concreto estrutural (55-73% do volume do concreto demolido) e peças pré-fabricadas (27%-45% do volume do concreto demolido)	consequente redução na pressão da exploração das reservas minerais		qualidade e volume, exigindo análise minuciosa da composição do traço, aditivos, fator água-cimento e complexidade na extração a comprometem técnica e economicamente
O	Reuso e Reciclagem	Estrutura de Aço	A estrutura de aço demolida encaminhada para fundição pode ser totalmente reutilizada para execução de novos perfis	O aço proveniente do processo de arco elétrico (reciclagem) consome 10GJ / t e produz por kg 462 g de CO ₂ / Kg de aço; enquanto de alto forno consome 29 Gj/t e produz 462 g de CO ₂ / Kg de aço.	GERVÁSIO E SILVA (2005)	Baixo uso da estrutura de aço na matriz construtiva brasileira
P	Reuso e Reciclagem	Tijolo de terra crua prensada	Obtenção de tijolo a partir de mistura de solo e cimento entre 8 a 15% de massa, em sistema de compactação manual simples e de 4 a 6% de cimento em prensas de alto desempenho	Aproveitamento de um recurso natural abundante, provendo material acessível economicamente, com baixo índice de produção de aspectos ambientais.	(BARBOSA <i>et al</i> , 2002)	Programas arquitetônicos muito restritos, dificuldade técnica em obtenção de desempenho adequado, baixa produtividade
Q	Fontes Renováveis	Uso de Madeira	Processo construtivo em madeira	A estrutura de origem vegetal explora um recurso de origem renovável, além de permitir o estoque de carbono, reduzindo sua concentração na atmosfera.	(MURTA <i>et al</i> , 2010) (PUNHAGUI <i>et al</i> , 2012)	Redução da disseminação do uso da madeira como processo construtivo no Brasil

Quadro 1 – Resumo das Estratégias e Tecnologias analisadas no capítulo

3 PESQUISA DE LEVANTAMENTO POR AMOSTRAGEM COM EMPRESAS DE PROJETO DE ESTRUTURAS

3.1 CONCEITOS E RESTRIÇÕES

A pesquisa de levantamento por amostragem, amplamente difundida ao ponto de se entender apenas como pesquisa, é o instrumento técnico adotado para a segunda fase desta pesquisa, conforme discutido no item 1.5 Método, e é caracterizada:

(...) pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente, procede-se a solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. (GIL, 2008)

Algumas vantagens podem ser relacionadas a esse tipo de pesquisa, como destaca Gil (2008):

- a) conhecimento direto da realidade;
- b) economia e rapidez;
- c) quantificação.

Mas igualmente mostram-se algumas limitações. A principal restrição é descrita por Gil (2008):

“(...) ênfase nos aspectos perceptivos: os levantamentos recolhem dados referentes à percepção que as pessoas têm acerca de si mesmas. Ora a percepção é subjetiva, o que pode resultar em dados distorcidos. Há muita diferença entre o que as pessoas fazem ou sentem e o que elas dizem a esse respeito. Existem alguns recursos para contornar esse problema. É possível, em primeiro lugar, omitir as perguntas que sabidamente a maioria das pessoas não sabe ou não quer responder. Também se pode, mediante perguntas indiretas, controlar as respostas dadas pelo informante. Todavia, esses recursos, em muitos dos casos são insuficientes para sanar todos os problemas considerados.” (GIL, 2008)

Esta questão foi considerada na pesquisa em dois momentos. Primeiro na determinação do grupo a ser investigado, e, em um segundo momento, na formulação das questões.

Para o primeiro quesito, restringiu-se o grupo a ser aplicado o questionário apenas às empresas de engenharia civil responsáveis pela projeto de estruturas dos empreendimentos. Esta disposição se justifica pela suposição de que este agente do mercado da construção civil ser aquele que apresenta um grau de isenção maior, quando comparado aos agentes da indústria ou empreendedores, assegurando menor discrepância entre o que o entrevistado pensa do que ele responde. Este caráter mais isento é justificado pela natureza da atividade do engenheiro de projeto de estruturas, que orbita em primeiro plano na elaboração técnica e precisa de uma proposta construtiva.

Em segundo momento, foram restringidas ou limitadas as questões que antecipadamente sabe-se, através de levantamento de revistas técnicas especializadas nacionais e em consulta prévia a especialista da área de estrutura, que acarretariam respostas amplamente negativas. Algumas tecnologias foram eliminadas e outras reduzidas a um questionamento mais geral a partir da percepção do seu emprego na construção civil.

A pesquisa tem claramente o caráter de investigação de inovações tecnológicas e práticas gerenciais, definidas como estratégias para sustentabilidade, o que justifica destacá-las como de desempenho superior às soluções usuais em prática. Porém a pesquisa tem como preocupação definir qual a amplitude de uso destas estratégias, sendo necessário eliminar do questionário aquelas sem referências de uso. Para um caso específico, do concreto geopolimérico, apesar do levantamento realizado na primeira fase da pesquisa indicar seu uso restrito, foi incluída uma questão no formulário, porém apenas com o objetivo de confirmar o seu emprego limitado.

Outras questões, principalmente no bloco relacionado às estratégias gerenciais, foram direcionadas para evitar respostas invariáveis. Algumas estratégias consideradas como de senso comum não foram questionadas diretamente sobre seu uso, mas sim ante uma dada situação. Com este dispositivo, a intenção foi levantar até que ponto as empresas de projeto de estruturas estão dispostas a sustentar o uso da estratégia em questão.

3.2 UNIVERSO E AMOSTRAGEM

Para levantamento da frequência do uso das estratégias tecnológicas e gerenciais pelo mercado de construção civil do estado de São Paulo, como já discutido anteriormente, o questionário foi direcionado para as empresas de projeto de estruturas. As justificativas são:

- 1) Domínio técnico: os projetistas de estruturas são aqueles que concentram o maior capital técnico. Ou seja, apesar de a indústria de insumos e produtos da construção possuir maior conhecimento sobre os produtos utilizados, o conhecimento se restringe ao próprio produto. O projetista de estruturas possui o conhecimento sobre a aplicação dos produtos e determina a escolha e dimensionamento dos mesmos a partir do que é fornecido pelo mercado. Ao mesmo tempo possui conhecimento técnico mais aprofundado do que os demais agentes a jusante da cadeia, como as construtoras.
- 2) Posição na cadeia produtiva: A capacitação dos engenheiros projetistas estruturais permite que uma dada tecnologia possa ser aplicada. Afinal, a responsabilidade legal pelo projeto recai sobre os mesmos. A alteração nos padrões estabelecidos em projeto só pode ocorrer a partir da aprovação do responsável pelo projeto de estruturas. Outras tecnologias não necessitam ser aprovadas pelo projetista estrutural, mas ele tem ciência dos processos construtivos empregados pelas empresas construtoras. Por representar uma posição de conexão entre o desenvolvimento tecnológico oriundo do meio acadêmico e da indústria de produtos para a construção civil, e a aplicação na execução de empreendimentos, as empresas de projeto de estruturas são peça fundamental para compreensão da amplitude de inserção das tecnologias destacadas nesta pesquisa.
- 3) Homogeneidade da população: a limitação a um grupo específico permite uma homogeneidade da população pesquisada, o que viabiliza a obtenção de um resultado amostral para compreender o perfil da implantação das

estratégias para a melhoria do desempenho ambiental dos edifícios. O grupo definido pelas empresas de projeto de estruturas permite tal homogeneidade, pois estas empresas são definidas por uma função no mercado, que é regularizada através da inscrição nas instituições de classe, que requerem um profissional com habilidades padronizadas através das instituições de ensino regulares. Esta regularidade de função e domínio do conhecimento técnico permite que a pesquisa questione com maior profundidade o uso das estratégias elencadas, em especial das tecnologias. A padronização também foi o critério que determinou a restrição da população da pesquisa às empresas do estado de São Paulo.

Em discussão com entidades do setor, a ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), SINAENCO (Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva) e o CREA-SP (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo), constatou-se não ser possível caracterizar uma população para avaliação estatística. A ABECE, entidade que corresponde fielmente à população em estudo (empresas de projeto de estruturas), possui dados apenas de seus associados, sendo a justaposição entre os dois universos, dos associados da ABECE e da totalidade das empresas de projeto de estruturas atuantes no estado de São Paulo não sendo válida para valor estatístico.

Ou seja, não se pode inferir estatisticamente que os resultados da pesquisa refletem a prática do universo das empresas de projeto de estruturas, pois não se sabe o número total de empresas e a estratificação das mesmas, por volume de faturamento, número de projetistas. Somente a partir destes dados pode-se desenvolver a seleção da amostra de forma rigorosa e obter resultados com margem de erro calculada a partir de modelos estatísticos.

As limitações de dados restringiu a pesquisa ao desenvolvimento de um estudo exploratório. Desta maneira a pesquisa tem como função a exibição de um painel da aplicação das estratégias tecnológicas, levantadas por meio de pesquisa bibliográfica, e gerenciais, levantadas através do Referencial Técnico de Certificação

para Edifícios Habitacionais constante do Processo AQUA, e praticadas pela construção civil do estado de São Paulo com foco no subsistema estrutura.

3.3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Questionário é entendido como a técnica utilizada em pesquisa de levantamento em que um conjunto de questões são respondidas pelo pesquisado por escrito (GIL, 2008). É um importante instrumento para conhecimento do que o grupo pesquisado “sabe, crê ou espera, sente ou deseja, pretende fazer, faz, ou fez, bem como a respeito de suas explicações ou razões para quaisquer das coisas precedentes” (SELLTIZ, 1967 apud GIL, 2008).

Alguns cuidados foram observados para a elaboração do questionário a partir de Gil (2008):

- 1- Formulação de questões preferencialmente fechadas com alternativas suficientemente exaustivas para cobertura de um espectro amplo de respostas.
- 2- Consideração do sistema de referência do entrevistado, bem como seu nível de informação. A delimitação ao grupo de empresas de projeto estrutural permitiu uma padronização de linguagem e profundidade nos temas questionados.
- 3- Gradação do questionário do mais simples para o mais complexo.
- 4- Elaboração de questões evitando provocar respostas defensivas, estereotipadas, que poderiam encobrir a real prática e postura do entrevistado.

A elaboração do questionário foi estabelecida através de duas referências. Primeiro, a pesquisa bibliográfica realizada durante a primeira fase do trabalho. Segundo, o Referencial Técnico de Certificação para Edifícios Habitacionais constante do Processo AQUA. (VANZOLINI, 2013)

A partir da experiência da Fundação Vanzolini e de diversos outros profissionais, foi desenvolvido o Processo de certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) e elaborado um referencial que inclui iniciativas e procedimentos para o desenvolvimento de um empreendimento mais sustentável. A partir das categorias de avaliação estabelecidas no Referencial Técnico para Edificações Habitacionais do Processo AQUA, foram selecionadas as estratégias gerenciais aplicáveis ao desenvolvimento do subsistema estrutura mais sustentável, mas não necessariamente restritas a este subsistema.

Os itens destacados seguem no quadro 2.

Item		Descrição
I	1.1.5	Identificação do estado existente e medidas tomadas em relação a topografia e características do solo do terreno, considerando aspectos relacionados a altitude e desníveis acentuados, altura do lençol freático e tipo e resistência do solo
II	2.1.1	Escolha de Produtos, sistemas e processos construtivos de empresas participantes e que estejam em conformidade com o Programa Setorial da Qualidade - PSQ correspondente a seu âmbito de atuação no programa SiMac do PBQP- H
III	2.2.1	Escolha de produtos de modo a contribuir para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa, diminuição dos resíduos dispostos no ambiente, aumento do aproveitamento por reuso/reciclagem de materiais, aumento do uso de recursos renováveis e escolhas que evitem o esgotamento de recursos naturais
IV	2.2.1	Distâncias de transporte para menor emissão de GEE: Uso de materiais fabricados a menos de 300 km percorridos do local da obra, no mínimo para 30% da quantidade total de materiais em massa
V	2.2.1	Na aquisição de cimentos e na execução de concreto moldado <i>in loco</i> e conforme a disponibilidade no mercado local da obra e com análise de viabilidade técnica e econômica, utilizar cimento CP III ou cimento CP IV
VI	2.2.1	Uso do cimento CP III ou CP IV na obra, inclusive nos concretos usinados e pré-moldados fabricados com estes cimentos, de acordo com a disponibilidade do tipo de cimento no mercado local da obra
VII	2.2.1	Uso de produtos, sistemas e processos construtivos ligados a partidos arquitetônicos que apresentem, por comparação, maior facilidade para desconstrução seletiva ao final da vida útil do edifício, no mínimo para 50% dos elementos em custo global das famílias "estrutura portante vertical", "estrutura portante horizontal", "fachadas", "elementos de fachada" e "estrutura de cobertura"
VIII	2.2.1	Uso de produtos que apresentem, por comparação, maior possibilidade de reuso ou reciclagem ao final da vida útil do edifício, no mínimo para 50% dos elementos em custo global das famílias "estrutura portante vertical", "estrutura portante horizontal", "fachadas", "divisórias de separação/distribuição" e "revestimento de piso"
IX	2.2.1	Implementação, quando da concepção e da execução da obra, de rotina para a escolha dos produtos de construção que considere os seguintes aspectos ambientais na sua fabricação: emissão de gases do efeito estufa (mudança climática), diminuição dos resíduos dispostos no ambiente, aumento do

		aproveitamento por reuso/reciclagem de materiais, aumento do uso de recursos renováveis e escolhas que evitem o esgotamento de recursos naturais
X	2.2.1	Uso, sempre que disponível, de produtos cujo CO ₂ equivalente emitido durante sua fase de produção tenha sido neutralizado por programas ambientais
XI	2.2.1	Uso de produtos certificados tipo I (NBR ISO 14024), tipo II (NBR ISO 14021) ou tipo III de acordo com a ISO 14025, no mínimo para 50% dos elementos, em custo global, de 3 famílias, sendo ao menos uma da obra bruta e outra da obra limpa
XII	2.2.1	Escolhas obrigatoriamente feitas de modo a privilegiar os fabricantes de produtos de menor impacto ambiental quanto ao consumo de recursos energéticos e ao esgotamento de recursos naturais, no mínimo para 50% dos elementos, em custo global, de 3 famílias (listadas na primeira preocupação desta categoria 2), das quais ao menos uma da obra bruta e uma da obra limpa
XIII	2.2.1	Quanto ao transporte dos produtos de construção, o empreendedor deve tomar medidas a fim de estimar e minimizar os seus efeitos negativos
XIV	2.2.1	Uso de recursos naturais não renováveis: comprovação da procedência dos recursos naturais empregados (areia, brita, gesso, pedras naturais, etc.) e da conformidade legal da área de extração
XV	2.2.1	Uso de recursos naturais renováveis: madeira: apresentação do Documento de Origem Florestal (DOF) no uso de madeiras nativas
XVI	2.2.1	Uso de recursos naturais renováveis: madeira: uso de madeira e de produtos de madeira de reflorestamento nos produtos das famílias “estrutura portante horizontal”, “estrutura portante vertical”, “esquadrias” e “revestimentos”
XVII	2.3	Escolhas construtivas adaptadas à vida útil desejada da construção
XVIII		Durabilidade do edifício adaptada à vida útil da construção: O empreendedor deve fazer suas escolhas considerando as vidas úteis dos produtos, sistemas e processos da obra bruta em função de seu uso no edifício, de forma a adequá-las à vida útil desejada.
XIX	2.8	Flexibilidade da unidade habitacional após a entrega
XX	2.8.1	Concepção da unidade habitacional e emprego de processos construtivos que permitam a evolução e mudanças de uso ou de distribuição dos ambientes

Quadro 2 – Estratégias selecionadas do Referencial Técnico para Edificações Habitacionais do Processo AQUA (VANZOLINI, 2013)

A partir das duas categorias de informações, estratégias tecnológicas (elencadas no desenvolvimento do capítulo 3) e exigências do Referencial Técnico do Processo AQUA (definidas na quadro 2), foi desenvolvido o questionário a ser enviado às empresas de projeto de estruturas.

O questionário é constituído por 3 partes:

■ 1ª parte: Perfil do Entrevistado/Empresa

■ 2ª parte: Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental: Gerenciais e Tecnológicas

■ 3ª parte: Visão Geral do Tema

1) Perfil do Entrevistado/Empresa

Este primeiro grupo de questões procura caracterizar o perfil do respondente e da empresa. Os dados recolhidos permitem compreender qual o seu porte, e tempo de atuação.

Não foi incluída uma questão relativa ao faturamento das empresas para determinação do porte devido a dificuldade relatada pela ABECE em divulgação dados financeiros e principalmente, por se tratar de um questionário direcionado aos responsáveis técnicos, que necessariamente não possuem controle sobre dados financeiros da empresa.

Também não foi incluída uma questão relacionada à cidade em que a empresa está sediada, pois esta questão isoladamente não explicaria a sua atuação. Pois é frequente a atuação em outras cidades do estado. Então a fim de não estender necessariamente esta questão, o que acarretaria um questionário mais extenso, esta questão não foi incluída, apenas restrita ao estado de São Paulo.

Estas informações são fundamentais para compreensão dos resultados, correlacionando, por exemplo, uma dada estratégia tecnológica a um determinado porte, ou ao tempo de atuação da empresa.

2) Estratégias Gerenciais

Neste grupo incluem-se questões sobre estratégias que, aplicadas no âmbito da empresa com propósito de melhoria da gestão, se vinculam diretamente a produção de um projeto estrutural mais sustentável, e foram destacadas a partir do estudo bibliográfico do capítulo 3 do Referencial Técnico para Edifícios Habitacionais do Processo AQUA.

Para cada tema são formuladas duas questões com naturezas distintas. Uma primeira verifica a frequência com que a estratégia é aplicada e a segunda questiona a postura da empresa sobre o tema, segundo a visão do profissional respondente.

3) Estratégias Tecnológicas

Neste grupo são destacadas estratégias tecnológicas levantadas a partir do levantamento bibliográfico do capítulo 3. É o núcleo principal do questionário e tem como objetivo verificar a frequência com que as tecnologias de fato são aplicadas na execução das estruturas dos edifícios do estado de São Paulo e em quais segmentos de mercado.

4) Visão Geral do Tema

Nesta última etapa são verificados a posição do entrevistado frente às preocupações relacionadas à sustentabilidade na construção civil. Conforme pesquisa de Morton *et al* (2007), em estudo por meio de formulários realizado na Inglaterra, o tema central foi qual a postura dos agentes do mercado sobre o tema das mudanças climáticas pode influenciar de fato o desenvolvimento de um real setor da construção civil mais sustentável. Investigar o posicionamento não é o objetivo principal desta pesquisa, mas verificar o nível de sensibilidade do respondente, que fala em nome da empresa, pode auxiliar a compreender o emprego das estratégias e verificar a coerência com as demais respostas.

A primeira questão é em formato aberto, cabendo ao participante citar por escrito alguma tecnologia que gostaria de mencionar e que não foi destacada na 2ª etapa.

Nas questões seguintes, o formato é em múltipla escolha, cabendo ao participante a escolha entre uma das opções pré-determinadas. As questões de múltipla escolha são compostas por 10 alternativas de respostas, cabendo ao respondente destacar 3 delas. As questões de múltipla escolha têm como objetivo a avaliar a frequência de citação das abordagens elencadas permitindo compreender a prioridade de abordagem dos respondentes.

Na 2ª Parte do formulário, na seção relativa às estratégias gerenciais, inicialmente foram dispostas em formato individual. Ou seja, à cada questão se repetiam as alternativas. Em consulta à profª. Drª. Linda Lee Hoo (Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica USP), foi sugerido a compactação às questões no formato de matriz, com as linhas correspondendo as questões e as colunas às

respostas. Com este formato foi possível reduzir o número de páginas tornando menos cansativo o preenchimento sem perda da amplitude de conteúdo abordado.

Inicialmente, a cada questão da segunda fase, foram incluídas questões abertas para inclusão de comentários livres do participante. Porém, em consulta à prof^a. Dr^a. Linda Lee Hoo, considerou-se que estes comentários estavam em excesso, podendo comprometer o nível de participação e não teriam resultados objetivos da pesquisa, pois as respostas seriam escassas. Por essa razão foram eliminadas.

Com o objetivo de adotar uma linguagem mais direta, com menor ruído para com o participante, foram eliminados os termos que adjetivavam cada opção de resposta. Assim os módulos de respostas, que inicialmente eram precedidos de um termo que estabelecia um advérbio de frequência, após a alteração, passaram a conter a modulação em percentagem correspondente. As opções de respostas eram:

Nunca (0% dos empreendimentos)

Raramente (entre 0 e 25% dos empreendimentos)

Regularmente (entre 25 e 50% dos empreendimentos)

Frequentemente (entre 50 e 75% dos empreendimentos)

Sistematicamente (acima de 75% dos empreendimentos)

Passando a serem apenas:

0% dos empreendimentos

entre 0 e 25% dos empreendimentos

entre 25 e 50% dos empreendimentos

entre 50 e 75% dos empreendimentos

acima de 75% dos empreendimentos

Foi incluída mais uma opção nas questões sobre as estratégias tecnológicas: 'sem empreendimentos nesta tipologia'. O objetivo foi distinguir aquelas empresas que não executaram nenhum projeto em uma determinada tipologia. Para aqueles que

não aplicam uma dada tecnologia para uma determinada tipologia foi mantida a resposta '0% dos empreendimentos'.

3.4 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A fase de aplicação do questionário foi realizada com o apoio institucional da ABECE, Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, cuja sede situa-se na capital do estado de São Paulo. A ABECE é uma entidade de classe que representa o setor objeto da pesquisa. Criada em 1994, atua na promoção da atividade de projeto estrutural no País com representações e associados em diversos estados.

O apoio da ABECE ocorreu por meio da divulgação de informações do setor, utilizadas para a elaboração do formulário, no direcionamento e no envio dos questionários. Os questionários foram acessados por meio de um sítio enviados por meio de correio eletrônico para associados da entidade (ver apêndice I).

A aplicação do questionário foi realizada em duas fases.

1) Fase Pré-Teste

O objetivo principal desta etapa de uma pesquisa de levantamento amostral, tendo como base Gil (2008), é verificar se o conteúdo do questionário é absorvido com clareza e se o tempo de resposta é compatível com o planejado.

O questionário foi elaborado com um nível de profundidade e extensão compatível com o objetivo da pesquisa. Mesmo considerando um grupo homogêneo devido as semelhanças na formação técnica e atuação profissional dos respondentes, algumas questões poderiam não estar totalmente claras, principalmente por discutir temas e conceitos relativos à sustentabilidade e gestão ambiental que podem não estar disseminadas igualmente por todo o grupo.

O tempo é outro quesito fundamental, que pode comprometer a aquisição de um número satisfatório de respostas. O objetivo da pesquisa requereu um aprofundamento dos temas, e por conseguinte maior extensão do formulário. Nesta fase a extensão do questionário é avaliada com o objetivo de atingir um equilíbrio entre a qualidade e profundidade com um número adequado de respostas para configurar um quadro entendido como amostralmente representativo.

Para tanto, foram selecionadas empresas pertencentes ao público alvo da pesquisa e após contato direto foram distribuídos os questionários via correio eletrônico. Após a aplicação dentro de um prazo estipulado, os entrevistados foram questionados sobre a clareza de compreensão, a percepção do tempo de preenchimento e coletados os tempos reais de preenchimento.

O modelo do questionário aplicado nesta fase encontra-se no apêndice II.

2) Fase Aplicação Estendida

Nesta fase busca-se atingir um número de contribuições com valor amostral para formalizar um quadro da sustentabilidade do projeto e da produção do subsistema estrutura no setor da construção civil no estado de São Paulo. O endereço eletrônico foi encaminhado aos associados da ABECE sediados no estado de São Paulo, em um total de 168 empresas, através de endereço eletrônico anexado à mensagem de correio eletrônico. Após o prazo de 10 dias a pesquisa foi encerrada e contabilizados os dados gerados pelos participantes.

O modelo do questionário aplicado nesta fase encontra-se no apêndice III.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Fase Teste

Nesta fase, conforme definido em 4.4, foram encaminhados os formulários da pesquisa (ver apêndice I) a três empresas de projeto de estruturas, cujos participantes compõem o quadro técnico e são habilitados a responder pelas práticas de projeto da empresa. Os resultados seguem nos quadros 3 a 8.

1ª Parte – Perfil do Entrevistado e da Empresa

Questão	Participante		
	A	B	C
1-Qual sua função na empresa?	Diretor técnico	Eng.Estrutural	Diretor
2-Desde qual ano a empresa executa projetos estruturais?	1971	2007	1993
3-Qual o número de integrantes da empresa que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?	6	8	4

Quadro 3 – Resposta das questões 1 a 3 da Fase Teste

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Gestão

Questão	Participante		
	A	B	C
4-A empresa elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	Sim	Sim	Sim
5 -Em relação à empresa, ela possui um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	Sim	Não	Não
Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência o escritório...			
6...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	25 a 50%	50 a 75%.	25 a 50%
7...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	0%	0 a 25%	0%
8...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?		50 a 75%	0%
9...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	0%	50 a 75%	0%
10...adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias?		0 a 25%	50 a 75%
11...revisa detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal foi encontrada?	acima 75%	0 a 25%	25 a 50%
12...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)			0 a 25%
13...revisa o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização do projeto mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	acima 75%	25 a 50%	50 a 75%
14...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	0%	0 a 25%	0%
15...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	acima 75%.	25 a 50%	acima 75%
Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, você considera importante que o escritório de projeto de estrutura...			
16...atue desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	sim	sim	sim
17...realize Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	não	sim	não
18 ...revise o projeto com o objetivo de ampliar a vida útil de projeto mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?	não	sim	sim
19 ...incorpore estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	não	não	não
20 ...adote estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias?	não	sim	sim
21 ...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal foi encontrada?	sim	não	sim
22 ...utilize programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)			sim
23 ...revise o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização do projeto mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	sim	não	sim
24 ...utilize Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?		sim	não
25 - ...adote soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	sim	sim	sim
26 - ...tenha capacidade técnica de realizar projetos em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	sim	sim	sim
27 ...tenha Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	sim	não	não
Sinta-se livre para comentar sobre qualquer das questões acima			

Quadro 4 – Resposta às questões 4 a 27 da Fase Teste

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Questão		Participante		
		A	B	C
28-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (% total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0 a 25%	0 a 25%	0 a 25%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0 a 25%	0 a 25%	25 a 50%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0 a 25%	0%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0 a 25%	50 a 75%	25 a 50%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0 a 25%	25 a 50%	25 a 50%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0 a 25%	25 a 50%	sem empr.
	infraestrutura e obras de arte	0 a 25%	50 a 75%	sem empr.
	Outras	0 a 25%	0 a 25%	
29-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento? (% do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	acima 75%	acima 75%	acima 75%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	acima 75%	acima 75%	50 a 75%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	acima 75%	acima 75%	acima 75%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	acima 75%	acima 75%	25 a 50%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	acima 75%	acima 75%	50 a 75%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	acima 75%	acima 75%	sem empr.
	infraestrutura e obras de arte	acima 75%	acima 75%	sem empr.
	Outras	acima 75%	acima 75%	
30-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento? (% do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	25 a 50%	0%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	25 a 50%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	25 a 50%	0%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	25 a 50%	25 a 50%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	25 a 50%	0%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	25 a 50%	25 a 50%	0%
	infraestrutura e obras de arte	25 a 50%	0%	0%
	Outras	25 a 50%	0%	
31-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0%	0%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0%	0%	0 a 25%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0%	0%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0 a 25%	50 a 75%	0 a 25%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0 a 25%	50 a 75%	0 a 25%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0%	0 a 25%	0%
	infraestrutura e obras de arte	0 a 25%	50 a 75%	0%
	Outras	0%		0%
32-Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?		0%	0%	0%
33-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0%	sem empr.	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0%	sem empr.	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0%	sem empr.	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0%	sem empr.	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0%	sem empr.	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0%	sem empr.	0%
	infraestrutura e obras de arte	0%	sem empr.	0%
	Outras	0%	sem empr.	0%

Quadro 5 – Resposta às questões 28 a 33 da Fase Teste

Questão		Participante		
		A	B	C
34-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0%	sem empr.	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0%	sem empr.	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0%	sem empr.	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0%	sem empr.	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0%	sem empr.	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0%	sem empr.	0%
	infraestrutura e obras de arte	0%	sem empr.	0%
	Outras	0%	sem empr.	0%
35-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	50 a 75%	0 a 25%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	50 a 75%	0 a 25%	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	50 a 75%	0 a 25%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	50 a 75%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	50 a 75%	0%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	50 a 75%	0%	0%
	infraestrutura e obras de arte	50 a 75%	0%	0%
	Outras	50 a 75%	0%	
36-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	50 a 75%	0%	25 a 50%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	50 a 75%	0%	0 a 25%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	50 a 75%	0%	0 a 25%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	50 a 75%	50 a 75%	0 a 25%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	50 a 75%	50 a 75%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)		25 a 50%	sem empr.
	infraestrutura e obras de arte	50 a 75%	50 a 75%	sem empr.
	Outras	50 a 75%	0%	sem empr.
37-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0 a 25%	0%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0 a 25%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0 a 25%	25 a 50%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0 a 25%	50 a 75%	0 a 25%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0 a 25%	0 a 25%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0 a 25%	acima 75%	acima 75%
	infraestrutura e obras de arte	0 a 25%	25 a 50%	sem empr.
	Outras	0 a 25%	0% dos empr.	
38-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	0%	sem empr.	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0%	sem empr.	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0%	sem empr.	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0%	sem empr.	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0%	sem empr.	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	0%	sem empr.	0%
	infraestrutura e obras de arte	0%	0 a 25%	0%
	Outras		sem empr.	

Quadro 6 – Resposta às questões 34 a 38 da Fase Teste

Questão		Participante		
		A	B	C
39-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CPIII conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	acima 75%	acima 75%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	acima 75%	acima 75%	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	acima 75%	acima 75%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	acima 75%	50 a 75%	
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	acima 75%	50 a 75%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	acima 75%	0 a 25%	0%
	infraestrutura e obras de arte	acima 75%	0 a 25%	0%
	Outras	acima 75%	0 a 25%	
40-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)	residencial unifamiliar	acima 75%	0 a 25%	0%
	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	acima 75%	50 a 75%	0%
	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	acima 75%	50 a 75%	0%
	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	acima 75%	acima 75%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	acima 75%	acima 75%	0%
	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	acima 75%	acima 75%	
	infraestrutura e obras de arte	acima 75%	50 a 75%	0%
	Outras	acima 75%	25 a 50%	

Quadro 7 – Resposta às questões 39 e 40 da Fase Teste

3ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Questão		Participante		
		A	B	C
41-Há alguma(s) tecnologia(s) específica(s) que considere relevante(s) para o desempenho ambiental do edifício e que tenha(m) sido utilizada(s) recentemente em projetos da empresa e que não tenha sido mencionada anteriormente?		Não		
42-Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?	redução do consumo de energia			
	redução do consumo de água			
	redução do consumo de materiais			
	redução das emissões de CO2			
	melhoria do conforto ambiental			
	melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos			
	melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano			
	melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras			
	reciclagem e gestão de resíduos			
	outra			
43-Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?	redução do consumo de energia			
	redução do consumo de água			
	redução do consumo de materiais			
	redução das emissões de CO2			
	melhoria do conforto ambiental			
	melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos			
	melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano			
	melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras			
	reciclagem e gestão de resíduos			
	outra			

Quadro 8 – Resposta às questões 41 a 43 da Fase Teste

3.5.1.1 – Avaliação e Alterações

A média de tempo para preenchimento do questionário respeitou os limites planejados, aproximadamente 13 minutos. Porém indicou que estava no limite do estabelecido entre 10 e 15 minutos. Esta evidência indicou que novas questões não poderiam ser acrescentadas caso a compreensão dos resultados indicasse a necessidade. Em oposição foram estudadas duas possibilidades. A primeira deixar as perguntas mais objetivas, diminuindo a dificuldade de interpretação e em consequência o tempo de resposta. Outra possibilidade estudada foi reduzir a extensão das questões sem comprometer o conteúdo dos temas abordados.

O diagnóstico do tempo despendido pelos participantes, medido através do registro de acesso ao site, variou de 12 minutos e 47 segundos (participante A), 17 minutos e 36 segundos (participante B) e 9 minutos e 11 segundos (participante C), com uma média de 13 minutos e 51 segundos de preenchimento. O depoimento dos mesmos após a participação foi de que a pesquisa, apesar de não ser extensa, exige muita atenção.

Uma possibilidade para reduzir o desgaste seria a redução no número de questões, o que significaria restrições à amplitude do formulário, o que foi descartado.

A opção considerada para a fase seguinte foi diminuir os módulos de cada resposta, reduzindo uma possibilidade de resposta. Assim, nas questões relacionadas às estratégias gerenciais, que antes estavam moduladas em 5 intervalos, passaram a ser 4. E, no bloco de questões sobre as estratégias tecnológicas, as alternativas passaram de 6 para 5. Com intervalos de percentuais maiores a escolha é simplificada, tornando mais intuitiva a definição da frequência estipulada.

Alternativas de Resposta Fase Pré-Teste	Alternativas de Resposta Fase Estendida
0% dos empreendimentos	0% dos empreendimentos
de 0 a 25% dos empreendimentos	de 0 a 30% dos empreendimentos
de 25 a 50% dos empreendimentos	de 30 a 70% dos empreendimentos
de 50 a 75% dos empreendimentos	acima de 70% dos empreendimentos
acima de 75% dos empreendimentos	

Quadro 9 – Alteração nas alternativas de respostas para as questões relacionadas às estratégias gerenciais (questões 6 a 15)

Alternativas de Resposta Fase Pré-Teste	Alternativas de Resposta Fase Estendida
sem empreendimentos nesta tipologia	sem empreendimentos nesta tipologia
0% dos empreendimentos	0% dos empreendimentos
de 0 a 25% dos empreendimentos	de 0 a 30% dos empreendimentos
de 25 a 50% dos empreendimentos	de 30 a 70% dos empreendimentos
de 50 a 75% dos empreendimentos	acima de 70% dos empreendimentos
acima de 75% dos empreendimentos	

Quadro 10 - Alteração nas alternativas de respostas para as questões relacionadas às estratégias tecnológicas (questões 28 a 40)

Outro procedimento adotado foi eliminar a categoria “outras” para as alternativas de tipologias para as questões relacionadas as estratégias tecnológicas, de 28 a 31 e de 33 a 40. Entende-se que as tipologias já elencadas são suficientes para configurar o quadro da construção civil. Outra questão decorre do problema de comparar resultados de tipologias díspares e não determinadas em uma única categoria, já que a avaliação do que se enquadraria na categoria “outras” fica sobre a responsabilidade do critério do participante apenas.

Foram eliminados os termos utilizados na pesquisa que não representam uma comunicação direta com o entrevistado, o que poderia ocasionar uma comunicação menos clara com o mesmo.

Assim, o termo subsistema, utilizado frequentemente nos capítulos 1 e 3, e incluído no título da pesquisa, não traz referência à prática do participante. Dessa forma o termo foi substituído por “Empresas de Projeto Estrutural” no título da formulário. O termo também foi eliminado no parágrafo de apresentação do questionário.

No enunciado para as questões 6 a 15 e das questões 16 à 27 foi substituído o termo 'escritório' pelo termo 'empresa', para manter a coerência do termo utilizado no título e na apresentação do questionário e por ser um termo mais objetivo em relação ao agente em questão.

Constatou-se a necessidade de incluir na questão 1 a formação do entrevistado, com o objetivo de assegurar que o entrevistado possua qualificação técnica para responder ao questionário.

A questão 3 foi alterada, substituindo o termo 'integrantes' pelo termo 'profissionais'. O termo foi substituído para não criar dúvida sobre o regime de contratação. Desta maneira, o entrevistado tem exato entendimento de que se trata dos profissionais atuantes no projeto da empresa e não o regime de contratação dos mesmos. A ambiguidade da questão poderia gerar mais tempo de resposta e, em pior cenário, produzir respostas distorcidas.

Constatou-se que as questões abertas não foram respondidas, foram deixadas em branco em quase a totalidade dos casos. Esse resultado corrobora com as avaliações prévias, e optou-se por reduzir ao máximo as questões desta natureza.

Chamou a atenção a contradição de respostas entre 'sem empreendimentos' e '0% de empreendimentos' nas questões relacionadas às estratégias tecnológicas, trocando um pelo outro, no caso dos participantes B e C.

O participante C, nas questões 28, 29 e 36, respondeu que não tem empreendimentos nas tipologias 'Industrial' e 'Infraestrutura e Obras de Arte', porém nas demais questões respondeu com '0% dos empreendimentos' nestas mesmas tipologias; e na questão 37 respondeu como 'acima de 75% dos empreendimentos' na tipologia 'Industrial'. E somente na questão 36 que, para categoria 'Outras', não tem empreendimentos nesta tipologia.

O participante B também utilizou erroneamente a opção 'sem empreendimentos' ao marcar esta opção em todas as tipologias nas questões 33, 34 e 38. Neste caso, a resposta correta seria '0% dos empreendimentos'.

Por esta razão, ficou claro a necessidade de incluir uma nota para esclarecer a diferença entre as duas opções na Segunda Parte, Estratégias Tecnológicas, conforme transcrita abaixo.

“Nas questões 29 a 40, caso a empresa não possua experiência em desenvolvimento de projeto de uma determinada tipologia, marcar a opção: sem empreendimentos nesta tipologia.

Caso tenha executado projetos em uma determinada tipologia, mas a tecnologia questionada nunca foi empregada, utilize a opção: 0% dos empreendimentos.”

Outras alterações no texto das questões foram feitas e estão descritas abaixo:

- Questões 8, 18, 11 e 21 – inclusão do termo “já”, com o objetivo de enfatizar a importância e temporalizar a “decisão de projeto”.
- Questão 41 – Foi substituído o termo ‘há’ por ‘cite’, com o objetivo de eliminar as respostas ‘sim’ ou ‘não’ sem indicar a tecnologia que considera importante mencionar, como de fato ocorreu no pré-teste.
- A questão 21 também foi alterada, incluído o termo ‘do ponto de vista do projeto’, passando de ‘...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal foi encontrada’ para ‘...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista do projeto foi encontrada’. O objetivo foi deixar claro que a solução ideal é sobre o ponto de vista do projetista, permitindo mais objetividade à interpretação da questão por parte do participante da pesquisa.
- Questões 42 e 43 – Os termos ‘três abordagens’ e ‘até três’ foram grifados para destacar que são três itens para escolha. Os entrevistados de fato responderam corretamente, indicando três opções. Mas para não deixar dúvidas na fase estendida de aplicação foi destacado o termo três.

Outros itens avaliados, como acesso ao endereço eletrônico da pesquisa no conteúdo das mensagens, acesso à pesquisa, acesso aos resultados e o método de processamento dos formulários respondidos mostraram-se satisfatórios, concluindo pela exequibilidade da próxima etapa do levantamento, a Fase Estendida.

3.5.2 Fase Estendida

A aplicação do formulário ocorreu em duas etapas. A primeira foi realizada pelo envio de uma carta convite (ver apêndice I) às empresas de projeto de estruturas associadas à ABECE. Após 7 dias uma nova mensagem de correio eletrônico foi enviado alertando para o fim do prazo. Em 10 dias foi encerrada a fase.

Mesmo tratando-se de uma pesquisa com amostragem não estatística, foi estabelecida uma expectativa de um número contribuição, aproximado em 10%. Considerando o número de emails enviados a 168 associados, a projeção era de aproximadamente 17 contribuições. Porém a contribuição foi abaixo da expectativa. Com apenas 3 contribuições.

A alta visibilidade das mensagens, acima de 70%, e o baixo índice de visualizações do endereço eletrônico do formulário (no total de 27 visualizações), demonstra que essa estratégia não teria sido efetiva. Conclusão que justificou a busca de outra abordagem para o aumento do número de contribuições.

A solução encontrada foi buscar o contato diretamente com as empresas por meio de contato telefônico. A lista de empresas foi elaborada a partir de busca de empresas em ferramenta de busca na rede mundial ampliada de computadores (WWW) cujas empresas mantinham páginas. Em contato telefônico, após identificação do pesquisador e instituição, era explicado o motivo e questionado a quem seria possível encaminhar uma mensagem de correio eletrônico com o convite e o endereço para acessar o sítio eletrônico do formulário para um responsável pelo desenvolvimento de projetos de estrutura da empresa.

Este processo foi executado no decorrer de 10 dias úteis, sendo que foram aproximadamente 80 contatos telefônicos e enviadas mensagens de correio eletrônico para 52 empresas de projeto de estruturas. Com esse processo foram obtidas mais 12 preenchimentos válidos.

A etapa da pesquisa foi concluída considerando o tempo de fechamento da pesquisa e principalmente que a relação entre profundidade da abordagem da pesquisa condiciona a um número limitado de respostas.

Os resultados são exibidos em gráficos com as alternativas de respostas e o número absoluto por empresa para cada alternativa em negrito abaixo de cada alternativa.

As questões estão organizadas em 3 tipos: abertas, sim/não e de frequência.

As abertas são de livre responsabilidade do respondente e foram moduladas em respostas idênticas. À questão 42, também aberta, não houve resposta, por esta razão não serão exibidos resultados.

As questões sim/não dispõem de apenas duas alternativas, positiva ou negativa em relação a determinada ação. Estas questões estão identificadas nas cores azul e vermelho, sendo a primeira para as resposta 'sim' e a última para 'não'.

As questões de frequência revelam com que intensidade determinada estratégia é adotada. Neste caso, as questões estão identificadas em verde com gradação de tonalidade, sendo os tons mais escuros dedicados às maiores frequências. No caso de resposta negativa em relação ao uso de determinada estratégia, resposta 0%, a cor adotada é o cinza. Nas questões 28 a 40, em que foi incluída como resposta a alternativa 'sem empreendimentos nesta tipologia', o número respostas a esta alternativa apresenta-se ao lado do gráfico, sem contabilizar para divisão do mesmo.

As questões 42 e 43, que encerram o questionário, estão ilustradas em gradação de azul. Porém essa gradação serve apenas como ferramenta de leitura, não correspondendo a nenhuma hierarquia de valor das alternativas.

O resultado global das respostas, com o mesmo padrão de respostas, encontra-se nos quadros 11 a 18, e os gráficos dos resultados individualizados por questão encontra-se no apêndice IV.

Resultados Fase Estendida

1ª Parte – Perfil do Entrevistado e da Empresa

Participante	Questão		
	1-Qual sua função na empresa e qual sua formação?	2-Desde qual ano a empresa executa projetos estruturais?	3-Qual o número de profissionais que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?
A	sócio diretor	1994	2
B	Socio Diretor	1986	10
C	Proprietário / eng. civil	2008	4
D	Socio Proprietário / Eng. Civil	2011	2
E	Engº Estrutural c/ Formação em Eng. Civil	1990	4
F	Sócio Diretor	1959	50
G	Engº Civil e Mestre em Eng. das Estruturas	1992	42
H	Diretor Técnico - Eng. Civil	1998	3
I	Sócio diretor - Engº Civil	1990	1
J	Diretor técnico administrativo / Engº civil	1992	8
K	Diretor / Engº Civil	1972	5
L	Sócio e Diretor - Engº Civil	1998	53
M	Diretor - Engº Civil e Eletricista	1997	10
N	Diretor e responsável técnico. Dupla Formacao Eng. Civil e Arquitetura: POLI-FAU	2007	3
O	Engº estrutural, gerenciador e coordenador de projetos. Graduação em eng. civil e mestrado em eng. de estruturas	1993	9

Quadro 11 – Resposta às questões 1 a 3 da Fase Estendida

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Gestão

Questão	Participante														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
4 - A empresa elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
5 - Em relação à empresa, ela possui um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência a empresa...															
6...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	0 a 30%	30 a 70%	0%	30 a 70%	30 a 70%	Acima 70%	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	Acima 70%	Acima 70%	0%	30 a 70%	30 a 70%
7...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	0%	0 a 30%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0%
8...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?	0%	0 a 30%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	30 a 70%	Acima 70%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%
9...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0%
10...adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	Acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	0 a 30%	30 a 70%	Acima 70%	Acima 70%	0%	Acima 70%	Acima 70%
11...revisa detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?	30 a 70%	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%	Acima 70%	30 a 70%	30 a 70%	Acima 70%	Acima 70%	Acima 70%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%
12...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais das estruturas? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	0%		0 a 30%			0%		Acima 70%	0%		Acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	
13...revisa o projeto com o objetivo de aumentar racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	0 a 30%	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	Acima 70%	30 a 70%	0 a 30%	30 a 70%	0 a 30%	30 a 70%	Acima 70%	Acima 70%	0%	Acima 70%	30 a 70%
14...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	0%	30 a 70%	0%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	Acima 70%	0%	0%	Acima 70%	0%
15...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	30 a 70%	Acima 70%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%	Acima 70%	Acima 70%	0 a 30%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%	Acima 70%	0 a 30%	Acima 70%	Acima 70%

Quadro 12 – Resposta às questões 4 a 15 da Fase Estendida

Questão	Participante														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, você considera importante que o escritório de projeto de estruturas...															
16...atue desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
17...realize Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
18...revise o projeto com o objetivo de ampliar a vida útil de projeto mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
19...incorpore estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
20...adote estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
21...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
22...utilize programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
23 ...revise o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
24 ...utilize Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
25 ...adote soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
26 ...tenha capacidade técnica de realizar projetos em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
27...tenha Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Sinta-se livre para comentar sobre qualquer das questões acima															

Quadro 13 – Resposta às questões 16 a 27 da Fase Estendida

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Questão		Participante														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
28-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	s/ emp.	0 a 30%	0%
	resid.multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%		0%	0%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0%
	comercial vertical (corporativo)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%
	industrial (plantas industriais galpões)	0%	0 a 30%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	acima 70%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	0%	s/ emp.	s/ emp.	s/ emp.	0%	s/ emp.	s/ emp.	0%	0%	s/ emp.	0 a 30%	acima 70%	0%	s/ emp.	0%
29-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	acima 70%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	s/ emp	0 a 30%	acima 70%
	residencial multifamiliar	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	acima 70%
	comercial (pequenas lojas)	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%		0 a 30%	acima 70%
	comercial (grandes lojas)	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	0%	acima 70%
	comercial vertical (corporativo)	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	acima 70%
	industrial (plantas industriais galpões)	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	acima 70%	s/ emp.	s/ emp	s/ emp	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	acima de 70%	acima de 70%	s/ emp	acima 70%	acima 70%		s/ emp	acima 70%
30-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%	0%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30 a 70%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	30 a 70%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%
	comercial (grandes lojas)	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo)	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%
	industrial (plantas industriais, galpões)	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%		30 a 70%	0%	0%	30 a 70%	30 a 70%	0%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0%	s/ emp	s/ emp	0 a 30%	0%	s/ emp	30 a 70%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%

Quadro 14 – Resposta às questões 28 a 30 da Fase Estendida

Questão		Participante														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
31-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	s/ emp	0 a 30%	0%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	30 a 70%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (grandes lojas)	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	30 a 70%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	acima 70%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%
	industrial (plantas industriais)	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	30 a 70%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	0 a 30%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	acima 70%	s/ emp	s/ emp	30 a 70%	0%	s/ emp	0 a 30%	0 a 30%	0%	s/ emp	0%
32-Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?		Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
33-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%	0%
	residencial multifamiliar		0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%
	industrial (plantas industriais)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	30 a 70%	0%	0%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	0%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0%	s/ emp	s/ emp	0 a 30%	0%	s/ emp	30 a 70%	0%	0%	s/ emp	0%
34-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	s/ emp	0%	0%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%
	industrial (plantas industriais)	30 a 70%	0 a 30%	0%		0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0%	s/ emp	s/ emp	0%	0%	s/ emp	0%	0%	0%	s/ emp	0%

Quadro 15 – Resposta às questões 31 a 34 da Fase Estendida

Questão		Participante														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
35-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30 a 70%	0 a 30%	s/ emp	0 a 30%	0%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30 a 70%	0%	0%	0%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	industrial (plantas industriais)	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	0%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0%	s/ emp	s/ emp	0%	0%	s/ emp	0%	0%	0%	s/ emp	0%
36-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	0 a 30%	s/ emp	0 a 30%	0%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	30 a 70%	0%	0%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	0 a 30%		30 a 70%	0%
	comercial (grandes lojas)	0 a 30%	0 a 30%	0%	30 a 70%	acima 70%	0%	0%	30 a 70%	30 a 70%	0 a 30%	acima 70%	30 a 70%	0%	30 a 70%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0 a 30%	0 a 30%	0%	30 a 70%	acima de 70%	0%	0%	acima de 70%	30 a 70%	0 a 30%	acima de 70%	30 a 70%	0%	30 a 70%	0%
	industrial (plantas industriais)	acima de 70%		0%	30 a 70%	30 a 70%	0%	0%	acima 70%	30 a 70%	0%	acima 70%	30 a 70%	0%	acima de 70%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	acima de 70%	s/ emp	s/ emp	30 a 70%	30 a 70%	s/ emp	acima 70%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%
37-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	acima 70%	0%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	s/ emp	0 a 30%	0 a 30%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0%	acima 70%	0%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	30 a 70%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	acima 70%	acima de 70%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0 a 30%	0%
	industrial (plantas industriais)	30 a 70%	30 a 70%	0 a 30%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	acima 70%	0%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	0 a 30%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0 a 30%	s/ emp	s/ emp	0%	30 a 70%	s/ emp	0 a 30%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%

Quadro 16 – Resposta às questões 35 a 37 da Fase Estendida

Questão		Participante														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
38-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar		0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	acima 70%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	s/ emp	0%	0 a 30%
	residencial multifamiliar		0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	acima 70%	0 a 30%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	0 a 30%
	comercial (pequenas lojas)		0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	0%	0 a 30%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%
	comercial (grandes lojas)		0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)		0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	0%
	industrial (plantas industriais)		0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	0%	0%	0 a 30%	0%	0%	0%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte		s/ emp	s/ emp	s/ emp	0%	s/ emp	s/ emp	0%	0%	s/ emp	0 a 30%	0%	0%	s/ emp	0%
39-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CPIII conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	s/ emp	0 a 30%	0 a 30%
	residencial multifamiliar	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%
	comercial (pequenas lojas)	0%	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%
	comercial (grandes lojas)	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	0%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	0%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0%
	industrial (plantas industriais)	0 a 30%	30 a 70%	0%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	0%	0%	0%	0%	acima 70%	30 a 70%	0%	0 a 30%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	0 a 30%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	0 a 30%	s/ emp	s/ emp	0 a 30%	0%	s/ emp	acima 70%	30 a 70%	0%	s/ emp	0%
40-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0%	0 a 30%	0%	30 a 70%	0%	acima 70%	30 a 70%	0 a 30%	0 a 30%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	s/ emp	30 a 70%	30 a 70%
	residencial multifamiliar	0%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	acima 70%	30 a 70%	0 a 30%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	0%	30 a 70%	30 a 70%
	comercial (pequenas lojas)	0%	0 a 30%	0 a 30%	30 a 70%	0%	acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	0%	30 a 70%	0%
	comercial (grandes lojas)	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	30 a 70%	0%
	comercial vertical (corporativo, escritório)	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	acima 70%	0%	30 a 70%	0%
	industrial (plantas industriais)	acima 70%	acima 70%	0 a 30%	30 a 70%	30 a 70%	acima 70%	acima 70%	30 a 70%	30 a 70%	0%	acima 70%	acima 70%	0%	30 a 70%	s/ emp
	infraestrutura e obras de arte	acima 70%	s/ emp	s/ emp	s/ emp	30 a 70%	s/ emp	s/ emp	30 a 70%	30 a 70%	s/ emp	acima 70%	acima 70%	0%	s/ emp	0%

Quadro 17 – Resposta às questões 38 a 40 da Fase Estendida

3ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Questão 3	Participante														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
41-Cite alguma(s) tecnologia(s) específica(s) que considere relevante(s) para o desempenho ambiental do edifício e que tenha(m) sido utilizada(s) recentemente em projetos da empresa e que não tenha sido mencionada anteriormente.															
42-Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?															
redução do consumo de energia															
redução do consumo de água															
redução do consumo de materiais															
redução das emissões de CO2															
melhoria do conforto ambiental															
melhoria das condições sanit. dos ambientes internos															
melhoria da integração do empr. com o espaço urb.															
melhoria das condições de trab. nos canteiros de obra															
reciclagem e gestão de resíduos															
outra															
43-Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?															
redução do consumo de energia															
redução do consumo de água															
redução do consumo de materiais															
redução das emissões de CO2															
melhoria do conforto ambiental															
melhoria das condições sanit. dos ambientes internos															
melhoria da integração do empr. com o espaço urbano															
melhoria das condições de trab nos canteiros de obra															
reciclagem e gestão de resíduos															
outra															

Quadro 18 – Respostas às questões 41 a 43 da Fase Estendida

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo os resultados da pesquisa da fase estendida foram analisados com o objetivo de compreender a partir das estratégias destacadas quais são as posturas assumidas pelas empresas de projeto de estruturas (estratégias gerenciais), quais são as frequências de uso das estratégias tecnológicas, e quais as posturas dos agentes em relação ao tema sustentabilidade na construção civil. Com este objetivo, foi definido o método de análise do quadro de respostas.

Antes de discutir o método de análise dos resultados, é necessário discutir e ponderar sobre a amostra e de que modo o número de participações restringe as análises dos resultados e conclusões.

A princípio sabe-se que o percentual de participação em pesquisas por levantamento são muito baixos, considerando o histórico de pesquisas similares realizadas pela ABECE, fato corroborado no campo das pesquisas relatadas na literatura. Como discutido no capítulo 4, na etapa de elaboração do questionário, a possibilidade da realização de uma pesquisa por amostra estatística é inviável, devido a dois aspectos principais. Primeiro o baixo número quantitativo da população, que condiciona um percentual elevado de respostas, não compatível com os resultados esperados para pesquisas por levantamento. Segundo, a pouca informação sobre a população pesquisada (empresas de projeto de estruturas) disponível nas vale instituições e órgãos públicos e privados do setor, que não dimensionam o universo da população estudada, nem tem informações para realização da estratificação das amostras, como, por exemplo, por porte ou localização das empresas

Sem estas informações, a pesquisa foi orientada para um caráter exploratório. Apesar da limitação prevista dos resultados, a pesquisa apresenta, se não resultados que determinam um quadro estatisticamente válido da prática das estratégias destacadas do setor da construção civil, uma perspectiva real de como os agentes do setor enxergam a sustentabilidade e de que modo algumas

estratégias tecnológicas são empregadas. Este é um cenário pouco especulado em pesquisas acadêmicas sobre sustentabilidade na construção civil anteriores. E via de regra as pesquisas sobre a temática sustentabilidade dirigem-se a particularidades, sejam tecnológicas ou empreendimentos como estudos de caso, ou, quando assumem caráter amplo, restringem a perspectiva a partir das certificações ambientais.

Outra limitação da pesquisa, discutida no capítulo 4, durante a formulação do questionário, mas que deve ser novamente destacada neste momento, é a relação entre profundidade do questionário e número de respostas. É esperado que uma relação inversamente proporcional seja estabelecida: quanto maior a profundidade do questionário, maior o tempo dispensado para respondê-lo, e menor será o número de respostas.

Considerando a eficácia do questionário, algumas alterações foram propostas seguindo duas classificações. Uma de natureza formal, alterando o modo como as questões eram apresentadas, buscando a objetividade, clareza e rapidez de compreensão. E outra de natureza eliminatória, onde foram suprimidos itens considerados não essenciais, para permitir leitura e preenchimento mais simples.

Essas alterações, discutidas no item 4.5.1.1 (Avaliação e Alterações) não impactaram a extensão do conteúdo abordado. Essa foi uma decisão deliberada. Uma eventual redução dos temas abordados poderia ser implementada, alterando significativamente o questionário. Por exemplo, seria possível restringir as estratégias questionadas ou limitar ou eliminar as tipologias consideradas no bloco das questões relacionadas às estratégias tecnológicas. Porém essa diretriz não significaria um número substancialmente superior de respostas, como foi possível concluir após a realização da pesquisa estendida.

O questionário foi visto por 58 usuários e 31 iniciaram a pesquisa. Porém apenas 15 o completaram. Com um questionário mais simples, é esperado que um número maior fosse até a etapa final. Assim, mesmo que todos os 16 dezesseis que saíram completassem, o que não é plausível, o número de respostas continuaria baixo. E

com o agravante de que a qualidade e a profundidade dos dados seriam sensivelmente afetados. Este cenário seria duplamente inconsistente. Por um lado, um número elevado de resposta não seria atingido, permanecendo não válido estatisticamente. E por outro lado não teria a profundidade similar a uma entrevista direta.

Outra possibilidade seria utilizar o instrumento da entrevista individual. Porém é possível que, mesmo com aquisição de dados ainda mais profundos, o número de entrevistados, para o mesmo período de tempo, seria criticamente reduzido. Para esta possibilidade, exigir-se-ia mais tempo para agendar entrevistas, deslocamento para escritórios, inclusive interior do estado, além do próprio tempo da entrevista e o processamento dos dados de cada entrevista.

Por estas razões considerou-se manter a profundidade do questionário, mais próximo de uma entrevista individual, como os resultados de visualização e desistência da pesquisa posteriormente justificaram.

Neste contexto, a análise dos resultados foi organizada em três dimensões: pela divisão do questionário (dividido em 4 partes), por empresa e por tipologia. Para a primeira dimensão, duas perspectivas de análises foram realizadas.

Para avaliação da 1ª e da 4ª parte (Perfil do Entrevistado e da Empresa e Visão Geral do Tema, respectivamente), os resultados foram discutidos em um primeiro momento isoladamente, de modo discursivo. O objetivo é compreender quem participou da pesquisa e de que modo identifica a questão da sustentabilidade na construção civil.

Para a segunda e terceira partes (Estratégias Gerenciais e Tecnológicas) a avaliação foi desenvolvida a partir de um método em que pesos são atribuídos a cada resposta, em uma gradação correspondente ao nível de frequência de uso de determinada estratégia. O resultado é a formulação de uma matriz em que os dados originaram médias aritméticas, determinando comparações de forma objetiva, entre duas escalas distintas, por empresa e por estratégia. No item 5.2, Análise das

Estratégias Gerenciais e Tecnológicas, são desenvolvidos os critérios e a matriz de avaliação.

Após as análises executadas por trecho, foram realizadas as análises dos resultados por empresa e por tipologia, cruzando as informações de cada etapa. O objetivo foi definir padrões de tendências, relacionando o tamanho e tempo das empresas à frequência de uso das estratégias e à visão geral sobre o tema. Ressalta-se que os resultados esboçados, devido ao limite de informações das empresas e do mercado, e pelo número estatisticamente não comprovado, indicam tendências e não resultados a serem compreendidos de maneira absoluta.

4.2 ANÁLISES DOS RESULTADOS DA 1ª PARTE (PERFIL DA EMPRESA E DO ENTREVISTADO)

Para a primeira questão, quando questiona-se a função e a formação dos entrevistados, os resultados estão ilustrados nos Gráficos 1 e 2.

Qual a função na empresa e qual sua formação?

Gráfico 01: Função exercida pelo respondente

Gráfico 02: Formação acadêmica do respondente

As respostas à questão 1 confirmaram que o respondente estava apto a responder à pesquisa. A condição necessária para responder com maior precisão ao questionário era possuir uma ampla vivência das atividades de projeto de empresa, capacitando a atribuir a frequência de uso das estratégias solicitadas. Doze dos quinze

respondentes se posicionaram como diretor, sócio e proprietário. Um participante se definiu como gerenciador e coordenador de projetos, o que está circunscrito ao universo de análise. Um se definiu apenas como engenheiro estrutural, sem especificar exatamente a função. Esta colocação faz questionar as respostas do mesmo. Para ter mais segurança das mesmas, foram confrontadas com as demais respostas. Trata-se de uma empresa com 14 anos de atuação mercado, mas ainda pequena, com apenas 4 profissionais envolvidos diretamente na produção de projeto de estruturas. As respostas às questões foram coerentes e, por este motivo, foi mantida na base de dados da pesquisa.

Em relação à formação, doze participantes informaram que têm formação em engenharia civil. Três participantes não informaram a formação, mas responderam que exercem como função, sócio diretor, o que sugere que tenha formação em engenharia civil, condição necessária para atuar na direção de uma empresa de engenharia civil no Brasil.

A avaliação das duas primeiras questões conclui que todos os participantes enquadram-se dentro da população universo da pesquisa e suas respostas foram incorporadas à base de dados.

As questões 3 e 4 têm como objetivo traçar o perfil das empresas. São questões muito simples mas fundamentais para estratificar a amostra (ver gráficos 3 e 4).

Questão 2

Desde qual ano a empresa realiza projetos estruturais?

Gráfico 03: Resultados modulados em intervalos de tempo de existência

Questão 3

3-Qual o número de profissionais que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?

Gráfico 04: Resultados modulados em intervalos de número de profissionais, com média de 13,7 profissionais por empresa

Oito das 15 empresas iniciaram suas atividades na década de 1990. Três empresas originaram-se nesta década (anos 2010), três da década passada (anos 2000) e apenas três nas décadas anteriores a 1980. A média de tempo de atividade das empresas de projeto de estruturas foi de 20,8 anos. O período médio de duas décadas de atividades valida, considerando ainda que duas empresas têm 42 e 55 anos de atividades, um bom repertório de projetos estruturais, com possibilidade de atuação em diversas tipologias, em escalas variadas, com emprego de tecnologias construtivas diversas, repercutindo em uma boa qualidade da amostra.

Na questão 3 (ver Gráfico 3) são exibidos os resultados do número de profissionais que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto de estruturas na empresa, sendo o número médio de 13,7 profissionais por empresa. Porém a maior parte das empresas (8 entre 15) apresentam até 5 profissionais, e apenas 3 empresas apresentam acima de 25 profissionais dedicados ao projeto. Ao excluir as três maiores empresas, que apresentam 50, 42 e 53 profissionais, a média cai para 4,06 profissionais. Concluí-se que a amostra se constitui majoritariamente de pequenas empresas.

4.3 ANÁLISES DOS RESULTADOS DA 2ª PARTE

Para a avaliação mais precisa em cada uma das dimensões, para a 2ª parte nas questões sobre frequência de uso de determinada estratégia foi desenvolvido uma tabela que atribui um peso numérico ao uso/frequência de cada estratégia e uma correspondente cor da célula, conforme o Quadro 18.

Resposta	Peso	Identificação visual por cor
Sem resposta	Nenhum	Branco
Sem empreendimento	Nenhum	Cinza escuro
0% dos empreendimentos	0	Cinza claro
de 0 a 30% dos empreendimentos	1	Verde claro
de 30 a 70% dos empreendimentos	2	Verde médio
acima de 70% dos empreendimentos	3	Verde escuro

Quadro 19: Peso atribuído às questões de alternativas múltiplas

Nas questões onde a resposta foi nula ou sem empreendimento, a resposta não foi incorporada para estabelecimento de média. Ou seja, as médias observadas desconsideram as empresas com estas repostas, pois estão fora do universo de análise. Isto equivale a dizer que uma tipologia em especial, ‘infraestrutura e obras de arte’, obteve uma amostragem inferior, pois apenas 8 das 15 empresas possuem experiência em participar de projetos dessa tipologia.

Esses valores significam que quanto maior a média de uma empresa, ou estratégia, maior será o seu uso. Esses valores foram aplicados aos Quadros 12, 14, 15, 16 e 17, resultando nas Tabelas 04 a 08.

Nas questões afirmativas (sim e não), não foi utilizado a avaliação por pesos. Não faz sentido considerar uma média aritmética para avaliar a existência ou não de determinada ação. Neste caso, faz sentido avaliar por meio do número de empresas que utilizam a estratégia dentre toda a amostra (ver Quadro 13).

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Gestão

Questão	Participante															MÉDIA
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência a empresa...																
6...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	1	2	0	2	2	3	2	1	1	2	3	3	0	2	2	1,73
7...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0,60
8...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?	0	1	1	3	3	0	1	2	0	2	3	0	0	1	1	1,20
9...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0,20
10...adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?	2	1	1	2	2	3	1	2	1	2	3	3	0	3	3	1,93
11...revisa detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?	2	2	1	1	3	3	3	2	2	3	3	3	1	3	3	2,33
12...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais das estruturas? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	0		1			0		3	0		3	2	0	1		1,11
113...revisa o projeto com o objetivo de aumentar racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	1	2	1	1	3	2	1	2	1	2	3	3	0	3	2	1,80
14...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	0	2	0	0	2	0	1	0	0	1	3	0	0	3	0	0,80
15...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	2	3	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	1	3	3	2,40
Médias	0,80	1,56	0,70	1,56	2,22	1,40	1,44	1,30	0,60	1,78	2,60	1,70	0,20	2,10	1,56	1,37

Tabela 04 – Respostas às questões 6 a 15 convertidas em valores numéricos

2ª Parte – Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Questão		Participante															MÉDIA
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
28-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	X	1	0	0,36
	residencial multifamiliar	0	1	0	1	0	1	1	0	0		0	0	0	1	0	0,36
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0,47
	comercial (grand. lojas)	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0,47
	comercial vert. (corp.)	0	1	0	1	0	1	3	2	0	1	0	2	0	1	1	0,87
	industrial	0	1	1	1	0	1	3	1	0	1	0	2	0	1	X	0,86
	Infraestr. e obras de arte	0	X	X	X	0	X	X	0	0	X	1	3	0	X	0	0,50
	MÉDIA	0,00	1,00	0,17	1,00	0,00	1,00	1,50	0,43	0,00	0,80	0,57	1,00	0,00	1,00	0,17	0,55
29-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	3	3	3	3	1	3	2	2	3	3	3	2	X	1	3	2,50
	residencial multifamiliar	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	2,67
	comercial (peq. lojas)	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3		1	3	2,53
	comercial (grand. lojas)	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	2,53
	comercial vert. (corp.)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	2,80
	industrial	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0	X	2,57
	Infraestr. e obras de arte	3	X	X	X	2	X	X	3	3	X	3	3		X	3	2,86
	MÉDIA	3,00	3,00	3,00	3,00	1,86	3,00	2,83	2,86	3,00	2,50	3,00	2,86	1,80	0,33	3,00	2,64
30-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	X	0	0	0,29
	residencial multifamiliar	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0,33
	comercial (peq. lojas)	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0,40
	comercial (grand. lojas)	2	1	1	1	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0,67
	comercial vert. (corp.)	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0,53
	industrial	2	1	1	0	2	0		2	0	0	2	2	0	0	X	0,86
	Infraestr. e obras de arte	2	X	X	X	0	X	X	1	0	X	2	2	0	X	0	0,88
	MÉDIA	1,14	1,00	0,83	0,17	1,00	0,00	0,00	0,43	0,00	1,00	1,43	0,86	0,00	0,00	0,00	0,56

Tabela 05 – Respostas às questões 28 a 30 convertidas em valores numéricos

Questão		Participante															Média p/ Tipologia
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
31-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	X	1	0	0,36
	residencial multifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0,40
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0,33
	comercial (grand. lojas)	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0,60
	comercial vert. (corp.)	1	2	0	0	3	1	0	2	0	0	1	1	0	2	0	0,87
	industrial	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	X	0,57
	Infraestr. e obras de arte	1	X	X	X	3	X	X	2	0	X	1	1	0	X	0	1,00
	MÉDIA	0,57	1,33	0,00	0,00	0,86	0,50	0,00	1,14	0,00	0,67	1,29	0,29	0,00	1,67	0,00	0,59
33-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	X	0	0	0,29
	residencial multifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0,27
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0,27
	comercial (grand. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0,27
	comercial vert. (corp.)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0,27
	industrial	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	X	0,29
	Infraestr. e obras de arte	0	X	X	X	0	X	X	1	0	X	2	0	0	X	0	0,38
	MÉDIA	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,50	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
34-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0,07
	residencial multifamiliar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
	comercial (grand. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
	comercial vert. (corp.)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
	industrial	2	1	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	X	0,21
	Infraestr. e obras de arte	2	X	X	X	0	X	X	0	0	X	0	0	0	X	0	0,25
	MÉDIA	0,57	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11

Tabela 06 – Respostas às questões 31 a 34 convertidas em valores numéricos

Questão		Participante															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
35-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	X	1	0	0,43
	residencial multifamiliar	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0,27
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,20
	comercial (grand. lojas)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07
	comercial vert. (corp.)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13
	industrial	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0,07
	Infraestr. e obras de arte	0	X	X	X	0	X	X	0	0	X	0	0	0	X	0	0,00
	MÉDIA	0,00	1,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,14	0,00	0,33	0,00	0,17
36-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	1	1	0	0	0	2	2	3	1	X	1	0	0,86
	residencial multifamiliar	0	1	0	1	1	0	0	0	2	2	3	1	0	1	0	0,80
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	1	2	0	0	1	2	2	3	1		2	0	1,00
	comercial (grand. lojas)	1	1	0	2	3	0	0	2	2	1	3	2	0	2	0	1,27
	comercial vert. (corp.)	1	1	0	2	3	0	0	3	2	1	3	2	0	2	0	1,33
	industrial	3		0	2	2	0	0	3	2	0	3	2	0	3	X	1,43
	Infraestr. e obras de arte	2	X	X	X	3	X	X	2	2	X	3	2	0	X	0	1,75
	MÉDIA	1,00	0,83	0,00	1,50	2,14	0,00	0,00	1,57	2,00	1,33	3,00	1,57	0,00	1,83	0,00	1,21
37-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	3	0	0	2	0	1	0	1	0	X	1	1	0,71
	residencial multifamiliar	0	1	0	3	0	0	2	0	1	0	1	1	0	1	1	0,73
	comercial (peq. lojas)	0	1	0	3	3	0	2	0	2	0	1	1	0	1	0	0,93
	comercial (grand. lojas)	0	1	1	3	3	3	1	0	2	0	1	1	0	1	0	1,13
	comercial vert. (corp.)	0	1	1	3	1	2	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0,87
	industrial	2	2	1	3	3	3	3	0	3	0	1	2	2	1	X	1,86
	Infraestr. e obras de arte	2	X	X	X	1	X	X	0	2	X	1	2	0	X	0	0,88
	MÉDIA	0,57	1,17	0,50	3,00	1,43	1,33	1,83	0,00	1,71	0,00	1,00	1,14	0,33	1,00	0,33	1,02

Tabela 07 – Respostas às questões 35 a 37 convertidas em valores numéricos

Questão		Participante															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
38-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar		1	0	2	0	3	1	0	0	1	1	0	X	0	1	0,71
	residencial multifamiliar		1	0	2	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0,71
	comercial (peq. lojas)		1	0	2	0	3	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0,79
	comercial (grand. lojas)		1	1	2	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0,79
	comercial vert. (corp.)		1	1	2	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0,79
	industrial		1	1	2	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0	X	0,85
	Infraestr. e obras de arte		X	X	X	0	X	X	0	0	X	1	0	0	X	0	0,14
	MÉDIA		1,00	0,50	2,00	0,00	3,00	2,33	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,69
39-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CPIII conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	2	0	1	1	3	0	0	0	3	3	2	X	1	1	1,21
	residencial multifamiliar	0	2	0	1	1	3	0	0	0	3	3	2	0	1	1	1,13
	comercial (peq. lojas)	0	2	1	1	1	3	0	0	0	3	3	2	0	1	0	1,13
	comercial (grand. lojas)	0	2	0	1	1	3	0	0	0	0%	3	2	0	1	0	0,87
	comercial vert. (corp.)	0	2	0	1	1	3	0	0	0	3	3	2	0	1	0	1,07
	industrial	1	2	0	1	1	3	0	0	0	0	3	2	0	1	X	1,00
	Infraestr. e obras de arte	1	X	X	X	1	X	X	1	0	X	3	2	0	X	0	1,00
	MÉDIA	0,29	2,00	0,17	1,00	1,00	3,00	0,00	0,14	0,00	2,00	3,00	2,00	0,00	1,00	0,33	1,06
40-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento?	residencial unifamiliar	0	1	0	2	0	3	2	1	1	3	3	2	X	2	2	1,57
	residencial multifamiliar	0	1	1	2	0	3	2	1	2	3	3	2	0	2	2	1,60
	comercial (peq. lojas)	0	1	1	2	0	3	2	2	2	3	3	2	0	2	0	1,47
	comercial (grand. lojas)	3	3	1	2	2	3	2	2	3	0	3	3	0	2	0	1,93
	comercial vert. (corp.)	3	3	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3	0	2	0	2,13
	industrial	3	3	1	2	2	3	3	2	2	0	3	3	0	2	X	2,07
	Infraestr. e obras de arte	3	X	X	X	3	X	X	2	2	X	3	3	0	X	0	1,88
	MÉDIA	1,71	2,00	0,83	2,00	1,14	3,00	2,00	1,71	2,14	2,00	3,00	2,57	0,00	2,00	0,67	1,81

Tabela 08 – Resposta às questões 38 a 40 convertidas em valores numéricos

4.3.1- Análises dos resultados das questões relacionadas às Estratégias Gerenciais

Para a segunda parte do questionário, a análise foi orientada questão a questão, correlacionando, no caso das estratégias gerenciais, as questões sobre frequência de uso às questões sobre posição frente à mesma questão dos entrevistados.

Na questão 4 [(...) elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)], 13 dos 15 entrevistados responderam 'sim'. Na questão 26, quando questionados se os entrevistados consideram importante a empresa realizar projetos em diferentes processos construtivos, 14 responderam que sim. Para esta questão, discutida no item 3.3 (Adequação do processo Construtivo à Tipologia), não foi encontrada nenhuma pesquisa de referência sobre a prática das empresas. Por esse motivo, a expectativa, exclusivamente condicionada à experiência profissional e informal, era de que os resultados seriam invertidos: a maior parte dos respondentes estaria reduzida a um processo construtivo, e que não achariam este fator importante para o desenvolvimento da melhoria do desempenho ambiental.

Deste resultado pode-se deduzir duas hipóteses. Primeiro, a capacidade de realizar projetos de estruturas em diferentes processos construtivos habilita os entrevistados a responder de forma mais completa às questões da 2ª parte, estratégias tecnológicas, pois as questões questionam em muitos casos sobre tecnologias empregadas inerentemente a determinados processos construtivos.

A segunda hipótese decorre de que a restrição ao emprego de um determinado processo construtivo não decorre das empresas de projeto de estruturas. Ou seja, o instrumento de avaliação comparativa entre os aspectos ambientais produzidos por diversos processos construtivos não é restringido pela capacidade técnica das empresas de projeto de estruturas. Caso fosse o contrário, um empreendedor teria que contratar ao menos duas empresas para realizar um estudo preliminar que permitisse a comparação entre as duas opções, aumentando os custos, prazos, e reduzindo a viabilidade da avaliação. Portanto, as restrições a realização de comparativos ambientais entre processos construtivos decorrem de outras restrições do processo de desenvolvimento de um empreendimento.

Na questão 5, foi questionado se há Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado. Apenas 3 das 15 empresas afirmaram que sim, não obstante o fato de que 11 empresas concordaram que esta estratégia é importante para a melhoria do desempenho ambiental. A existência de um SGQ implantado pode indicar uma estrutura organizacional melhor adaptada a absorver novas demandas no processo de execução dos seus produtos, neste caso, projetos de estruturas.

A constatação de que apenas 20% da amostra estudada possui SGQ implantado indica uma tendência de que as empresas de projeto de estruturas tenham maior resistência em absorver práticas de sustentabilidade, mas não invalida que sejam adotadas por pressão de mercado. Essa questão é, portanto, apenas um indicativo do grau de estrutura organizacional das empresas.

As questões 6 a 15 permitem estabelecer uma visão de como é a prática de gestão nas questões direcionando para melhoria ambiental.

Para a questão 6 [(...) atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?], a avaliação geral foi de 1,73 pontos, sendo que apenas duas empresas nunca participam, e apenas três participam em mais de 70% dos empreendimentos. A maior parte das empresas, 10 entre as 15, participam entre 0 a 30% e 30 a 70%, indicando uma prática regular, apesar de não hegemônica o quanto se esperaria, pois se trata de uma prerrogativa difundida e independente das práticas de melhoria ambiental.

O reconhecimento desta questão por parte das empresas é unânime, pois na questão 16, quando os entrevistados são questionados se consideram esta prática importante para a melhoria da qualidade ambiental, a totalidade das respostas foi 'sim'. Esta questão indica que as empresas de projeto de estruturas são regularmente incorporadas tardiamente ao processo de desenvolvimento do empreendimento, o que pode comprometer a viabilidade de análises mais complexas sobre questões de maior impacto da sustentabilidade relacionadas ao

subsistema estrutura, como por exemplo o consumo de materiais e a escolha adequada do processo construtivo.

A questão 7 [...] com que frequência a empresa realiza ACV para tomada de decisões de projeto?], como se esperava, devido ao tema ser recente, e objeto de análise ainda distante do universo do projeto de estruturas, foi obtida uma média baixa, de 0,60 ponto, quando comparada as médias das demais estratégias gerenciais. Sete empresas relataram que não realizam, uma respondeu que realiza em 30 a 70% dos empreendimentos, e outras sete responderam que realizam em 0 a 30% dos empreendimentos. Na verdade, surpreende que exista indicação de realização desta prática, principalmente quando se destaca as respostas à questão 17, quando se questiona se considera importante que a empresa realize ACV para a melhoria da qualidade ambiental, 11 empresas responderam que sim. A expectativa era que respondessem predominantemente que não, por se tratar de um tema alheio a prática de projeto de estruturas. Este resultado indica que há consciência sobre a ferramenta ACV, o que não sugere que esta prática seja absorvida pela rotina da produção das empresas de projeto de estruturas, pois os mesmos respondentes que reconhecem sua importância não a realizam.

A questão 8 [...] revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?], apresentou uma média de 1,20 pontos, destacando que cinco participantes afirmaram que não revisam, outros cinco revisam em 0 a 30% dos casos, dois revisam em 30 a 70% dos empreendimentos e outros três afirmaram que revisam em acima de 70% dos empreendimentos. A oscilação dos resultados indica ações muito divergentes em relação ao tema, mas com um número elevado de empresas que comprometem a solução encontrada para ampliação da VUP.

Na questão 18, ao se questionar se os mesmos participantes consideram importante esta ação, apenas três responderam que não. Sendo que os cinco participantes que responderam que não realizam revisão responderam 'sim' à questão 18. A conclusão é de que, apesar da prática não ser regular, a maioria a considera importante.

A questão 9 questiona se a estratégia de desmonte dos edifícios é incorporada ao projeto. Diferentemente das questões anteriores, este tema é de recente introdução na etapa de projeto, porém a expectativa era de que fosse mais recorrente. No entanto a média foi de apenas 0,20 pontos, a mais baixa entre todas as estratégias gerenciais. Treze participantes revelaram que não realizam em nenhum dos casos, e apenas dois revelaram que a utilizam em 0 a 30% dos empreendimentos. Quando se questionado se consideram esta estratégia importante, nove responderam que sim. Apesar de majoritariamente a resposta dada tenha sido 'sim', esta questão foi que mais recebeu respostas negativas entre as estratégias gerenciais questionadas. Portanto, apesar de parte majoritária dos participantes reconhecerem a importância do tema, não o praticam.

Destaca-se que o estabelecimento de uma estratégia de desconstrução é uma questão fundamentalmente de uma postura projetual, menos dependente de outros agentes, o que leva a questionar o porquê de não ser considerada uma prerrogativa do projeto de estruturas. Ou a desconstrução não é considerada importante para a prática do projetista de estruturas ou ele não é instado a absorver esta estratégia pelo empreendedor. Esta questão, que em algumas tipologias é inerente, especialmente estruturas efêmeras, tem relevância destacada a partir da discussão de ACV, reciclagem, sendo expresso nas certificações ambientais, como no caso do Processo AQUA. Sendo este último a ferramenta que possibilita potencializar a disseminação desta estratégia no mercado.

Ao contrário da questão 9, a questão 10 [(...) adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?] ilustra uma estratégia amplamente difundida. Para ser mais preciso, esta estratégia se confunde com a próprio sentido de contratação do projetista de estruturas, pois está implícito que o projeto incorpore como estratégia a economia de material, e o engenheiro projetista é o profissional que tem a capacidade técnica de aferir a medida segura da restrição do consumo de materiais. Mas se antes esta estratégia se relacionava somente ao custo, a temática da sustentabilidade criou um novo vetor para este tema.

A questão 10 indaga até que ponto a redução do consumo, que isoladamente é uma prerrogativa da atividade do projetista de estruturas, é sustentada ante a pressão de dois importantes condicionantes de um empreendimento. O fato da redução ser uma estratégia já difundida, por uma racionalização exigida de um projeto de estruturas, é provável que tenha condicionado o resultado de uma média geral alta quando comparada às demais estratégias gerenciais, 1,93 pontos. Cinco participantes relataram que adotam esta ação em mais de 70% dos empreendimentos, e outros cinco adotam em 30 a 70% dos empreendimentos; quatro a adotam em 0 a 30% dos empreendimentos e apenas um nunca adota. Estes resultados indicam que a adoção da estratégia de redução de consumo de materiais, que busca reduzir diretamente a escala dos aspectos ambientais incorporados à ACV de um empreendimento, pode ser uma estratégia viável do ponto de vista das empresas de projeto, pois é uma prática com bom grau de aceitação.

Esta justificativa é corroborada quando se analisa as respostas à questão 20, quando se questiona se o entrevistado considera importante a adoção desta estratégia para melhoria do desempenho ambiental. Apenas um participante respondeu que não a considera importante.

A questão 11 é similar à questão 10, pois questiona até que ponto uma prática comum de projeto, simplificação de detalhes de execução em obra, é exercida diante de uma solução de projeto equacionada. A média foi mais elevada, 2,33 pontos. Oito entrevistados responderam que adotam esta ação em 70% ou mais dos empreendimentos, quatro responderam entre 30 a 70% dos empreendimentos, e dois em 0 a 30% dos empreendimentos. Nenhum participante respondeu que não revisa detalhes no contexto de uma solução projeto já estabelecido e todos responderam que consideram importante a adoção de detalhes mais simples para execução em obra para a melhoria do desempenho ambiental. Este resultado indica o comprometimento que as empresas de projeto dedicam a esta questão da simplificação na execução do projeto.

Na questão 12 [...] utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais das estruturas?], oito participantes revelaram que não utilizam BIM, e dos que utilizam a média foi de 1,11 pontos. Quatro participantes responderam que não a utilizam em nenhum dos empreendimentos, mas dois responderam que a utilizam em 70% ou mais dos empreendimentos, um em 30 a 70% dos empreendimentos, e dois em até 30% dos empreendimentos.

Apesar da média baixa, em comparação a frequência de uso das demais estratégias, pode se considerar um resultado de elevada frequência, considerando que as duas ferramentas são recentes (BIM e principalmente avaliação de desempenho ambiental). Esta estratégia também é questionada por parte dos entrevistados, pois cinco participantes responderam que não consideram importante o uso de BIM para redução dos impactos ambientais. Dentre os cinco que responderam que não, dois utilizam BIM mas um não faz uso para redução dos impactos ambientais, e o outro utiliza em 0 a 30% dos empreendimentos; os demais não utilizam BIM.

A questão 13 questiona qual a frequência com que revisões para racionalizar uma solução de projeto são adotadas mesmo implicando em alterações nas demais disciplinas, especialmente arquitetura, impactando portanto no caminho crítico do projeto. Esta questão, além de revelar a importância do tema para as empresas de projeto, indica a capacidade de influência do projeto das empresas de projeto de estrutura. Trata-se de um tema similar ao abordado na questão 6. O resultado da média foi 1,80 pontos, sendo a 4ª maior dentre as estratégias gerenciais. Quatro empresas revelaram que realizam esta ação em mais de 70% dos empreendimentos, cinco participantes adotam este procedimento em 30 a 70% dos empreendimentos, outros quatro responderam 0 a 30%, e um participante respondeu nunca revisar o projeto para aumentar o grau de racionalização. Por estes resultados, entende-se ser uma prática comum no mercado, e que o grau de racionalização é considerada como item relevante para as empresas de projeto de estruturas. Esta visão vai ao encontro das respostas à questão 21, onde todos os participantes confirmam achá-la importante.

Por outro lado, estes resultados não devem ser considerados positivos de forma absoluta. Por se tratar de alterações de projeto com grave impacto nas demais disciplinas, afinal a estrutura é um dos quesitos fundamentais na materialização do partido arquitetônico, as alterações para aumentar o grau de racionalização são recorrentes, podendo indicar um problema sistêmico no fluxo de desenvolvimento dos projetos. Por ser uma questão tão grave, as alterações com o objetivo de aumentar a racionalização da estrutura deveriam ser objeto de prévia especulação sem criar impactos futuros ao projeto, como a questão 13 sugere.

Para aprofundar mais esta questão foi realizada uma comparação entre as respostas das questões 6 e 13 de cada empresa. Em oito empresas, a frequência entre a participação nas fases iniciais e a frequência de alterações na racionalização é a mesma. Em três empresas a frequência diminui, e em quatro empresas a frequência aumenta, o que é aparentemente um contra-senso. A expectativa era de que a participação previa de cada empresa reduzisse as alterações decorrentes da racionalização da estrutura. Mas os resultados indicam que a frequência de alterações com o objetivo de aumentar a racionalização são iguais ou maiores que a frequência de participação desde as fases iniciais. O que pode significar que as empresas que participam desde as primeiras fases do projeto de um empreendimento, a partir do estudo preliminar de arquitetura, têm maior capacidade de influenciar em questões fundamentais do projeto, podendo influenciar o grau de racionalização do mesmo.

Na questão 14 foi perguntado sobre a frequência de uso de uma gestão de indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício, e o resultado geral foi baixo, apenas 0,80 ponto. Nove empresas responderam que não realizam este procedimento em nenhum empreendimento. No entanto, duas reponderam 'acima de 70% dos empreendimentos', duas empresas responderam 'entre 30 e 70% dos empreendimentos', e outras duas, '0 a 30% dos empreendimentos'. Fato importante, mesmo com a média muito baixa quando comparada às demais estratégias gerenciais, é que existam empresas que realizam este procedimento, utilizando uma

ferramenta, gestão de indicadores para análise crítica de projetos, para um tema ainda alheio à rotina de uma empresa de projeto de estruturas.

Apesar da baixa frequência de uso, 12 entrevistados responderam que consideram importante a adoção desta estratégia. Coerentemente, os três entrevistados que não consideram importante também não utilizam esta estratégia. A adoção desta ferramenta deve ser resultado de uma pressão de mercado e principalmente do estabelecimento de indicadores de emprego objetivo, condição esta que pode ser exercida pelas certificações ambientais. As certificações LEED e Processo AQUA mesmo que usualmente aplicadas em tipologias restritas, especialmente em empreendimentos corporativos e comerciais, definem referências de mercado, podendo influenciar as iniciativas tomadas para melhoria de desempenho ambiental nas demais tipologias.

A questão 15 [(...) adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?] direciona também a um tema presente na cultura de projeto de estruturas, e, por essa razão, a média encontrada foi a mais elevada entre todas as estratégias gerenciais questionadas, 2,40 pontos. Esta explicação pode ser justificada pela unanimidade das respostas à questão 25, quando se questiona se o entrevistado considera esta estratégia importante para melhoria do desempenho ambiental dos empreendimentos, todos entrevistados responderam que sim.

Se todos a consideram importante, e é uma estratégia de ampla aplicação (10 entrevistados revelaram que aplicam esta estratégia em acima de 70% dos empreendimentos), pode-se questionar se existe espaço para melhor desenvolvimento desta abordagem. Neste caso, diferentemente das estratégias anteriores em que se discutiu a viabilidade da ampliação da aplicação das estratégias questionadas, esta estratégia deve ser desenvolvida em outro ciclo, da melhoria contínua. Ciclo este que pode ser orientado ao estudo da eficácia das soluções adotadas, da incorporações de novas práticas e, principalmente, da incorporação de novas tecnologias.

4.3.2- Análises dos resultados das questões relacionadas às Estratégias Tecnológicas

Para esta etapa da pesquisa, a análise percorreu questão por questão abordada, considerando o resultado global por tipologia e por empresa.

A questão 28 [...] com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento?] apresentou uma média geral 0,55 ponto, abaixo da média das estratégias tecnológicas, que foi de 0,89 ponto. As maiores frequências foram indicadas nas tipologias ‘comercial vertical’ e ‘industrial’ (respectivamente com 0,87 e 0,86 ponto), o que é compreensível, por esta tecnologia ser empregada para aplicação de grandes vãos. Mas o condicionante maior para emprego desta tecnologia foi por empresa. Quatro empresas revelaram não ter utilizado protensão em nenhum empreendimento. Outras cinco responderam que utilizaram protensão em 0 a 30% dos empreendimentos, inclusive em tipologias não usuais como ‘residencial unifamiliar’ e ‘comercial pequeno porte’. As demais seis empresas apresentaram variações de acordo com a tipologia analisada de forma mais coerente com a expectativa. Por esse resultado, indica que o potencial de aplicação desta estratégia é alto, considerando as tipologias em que algumas empresas destacaram o maior uso, ‘comercial vertical’, ‘industrial’ e ‘infraestrutura e obras de arte’.

A média das respostas da questão 29 [...] com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento?], foi 2,64 pontos, a mais alta entre todas as pesquisadas, destacando que a média imediatamente mais baixa alcançou 1,81 pontos (questão 40). As frequências foram elevadas (acima de 70% dos empreendimentos) em todas as tipologias, e por todas as empresas. Apenas uma empresa revelou fazer pouco uso (entre 0 e 30% dos empreendimentos), e exclusivamente nas tipologias ‘residencial’ e ‘comercial’ de pequeno porte, e de forma incompatível com as demais respostas dos entrevistados, revelou não fazer uso na tipologia ‘comercial grande porte’, ‘industrial’ e ‘comercial vertical’.

Os resultados indicam que a tipologia ‘residencial unifamiliar’ é a que possui maior potencial de ampliação de uso. Também indicam que os benefícios do emprego extensivo do concreto usinado, conforme discutido no item 3.1 (Redução do Consumo de Materiais), no mercado de construção do estado de São Paulo provavelmente já são efetivos. Se o mercado amplamente já faz uso do concreto usinado, é possível indicar que atuações na melhoria no desempenho do produto oferecido podem resultar em ganhos reais do desempenho ambiental do mercado da construção civil.

Para a questão 30 [(...) com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento?], a média foi apenas de 0,56 ponto. Este valor condiz com a expectativa da pesquisa, pois a aplicação de fibras no concreto comercialmente se restringe a ambientes de alta exigência de desempenho, como as tipologias, ‘industrial’, ‘infraestrutura’ e ‘comercial’ grande porte. De fato as médias destas tipologias oscilaram entre 0,86, 0,88 e 0,67. As demais tipologias apresentaram médias abaixo da média geral para esta estratégia.

Ao analisar as respostas por empresa, seis empresas não fazem uso em nenhuma das tipologias de fibras, nem mesmo nas tipologias esperadas. Este resultado elevado de respostas negativas indica um uso potencial elevado desta tecnologia. Outras quatro empresas reproduziram a expectativa inicial, registrando as maiores frequências de uso para as tipologias ‘industrial’, ‘infraestrutura’ e ‘comercial’ grande porte. Mas cinco empresas apresentaram oscilação no resultado esperado. Destas, cabem destaque três empresas que atribuíram frequência de uso na tipologia ‘residencial unifamiliar’, o que não era esperado. A pesquisa não permite concluir se este fato ocorreu por falha de preenchimento ou de fato este uso exista, mas por si só não indica uma potencial expansão desta estratégia tecnológica nesta tipologia.

Para a questão 31 [(...) com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento?] os resultados seguiram uma lógica similar à da questão 30. A média geral também foi similar, 0,59 ponto, e as tipologias em que a expectativa eram de maiores frequências de uso, ‘comercial vertical’ e

‘infraestrutura’, se confirmaram. Destaca-se a tipologia ‘comercial vertical’, que apresentou a média mais alta, com 0,87 ponto, e com um entrevistado revelando que utiliza CAD em acima 70% dos empreendimentos. No entanto, 6 empresas revelaram não utilizar CAD em nenhuma das tipologias, o que pode indicar um potencial de uso especialmente na tipologia ‘comercial vertical’. Porém, quatro empresas indicaram uso em tipologias não esperadas, “residencial unifamiliar’ ou ‘comercial’ pequeno porte.

Na questão 32 [(...) Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?] todas as empresas responderam que não, considerando que esta estratégia tecnológica, de fato, é completamente alheia ao mercado de construção civil paulista.

As questões 33 [(...) com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento?] e 34 [(...) com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento?] apresentaram uma média baixa comparada às demais estratégias tecnológicas, apenas 0,29 e 0,11 pontos, respectivamente. Estas médias, a terceira e a primeira mais baixas, não eram esperadas de forma enfática, pois se trata de um tema massivamente desenvolvido dentro das universidades, com trabalhos de formulações de traços de técnicas de gestão de agregados descritas em diversos artigos e pesquisas no Brasil e no mundo, como indicado na pesquisa bibliográfica realizada para o desenvolvimento do capítulo 3.

Apenas quatro empresas relataram a utilização de resíduos de classe A como agregados, e outras duas indicaram o uso de resíduos de outras indústrias incorporados ao concreto.

Ainda que as pesquisa tenha indicado que as pesquisas sobre execução concreto desenvolvido a partir de resíduos classe A sejam voltados para confecção de artefatos não estruturais, a não indicação de uso de agregados reciclados demonstra um lapso importante para o desenvolvimento de um setor da construção

civil com menores impactos ambientais. Para este tema dois aspectos podem ser considerados. Primeiro, o problema pode ser a geração adequada de agregados classe A, com qualidade em escala para justificar o seu emprego, e, segundo, deve ser considerada a capacidade das usinas de concreto de incorporar esta estratégia tecnológica na sua produção regular.

No caso do uso de resíduos de outras indústrias, a questão da disponibilidade da matéria prima é uma questão menor, pois se considera que a sua escolha se dê justamente por sua disponibilidade. No entanto, há outra restrição. Caso o resíduo necessite de adequações viáveis tanta na produção do bem primário, quanto posteriormente, como indicado nas estratégias tecnológicas estudadas no capítulo 3, como por exemplo, a incorporação de casca de arroz calcinada para obtenção de um CAD.

Como indicado na questão 29, com o uso amplo que se faz do concreto usinado, a solução para este gargalo necessariamente deve envolver as usinas de concreto. Ou seja, retomando o que foi discutido acerca da questão 29, o uso do concreto usinado é uma estratégia que pode viabilizar a incorporação de melhorias na qualidade ambiental do concreto, como o uso de agregados reciclados e de resíduos de outras indústrias.

A questão 35 [(...) com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento?] apresentou uma média baixa, de 0,17 ponto. Apenas cinco empresas indicaram utilizar madeira laminada, e, como esperado, a partir dos estudos de referência do tem 3.7 (Fontes Renováveis), com incidência recaindo sobre as tipologias residenciais. Estes resultados indicam que, apesar de a maioria dos escritórios realizarem projetos em diferentes processos construtivos, o uso de madeira laminada é restrito às tipologias que convencionalmente o mercado entende que sejam adequadas, como discutido no capítulo 3.

A questão 36 [(...) com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento?] apresentou uma média 1,21, a segunda mais alta

dentre as estratégias tecnológicas questionadas. Este resultado demonstra a relevância dos processos construtivos em estrutura de aço no estado de São Paulo. Dez empresas revelaram que já realizaram uso do aço, sendo que as incidências maiores de uso recaem sob as tipologias 'comercial' grande porte, 'comercial vertical', 'industrial' e 'infraestrutura'. Porém, oito empresas também fazem uso em tipologias não convencionais, como 'residencial unifamiliar' e 'comercial' pequeno porte. Esta questão, devido à elevada frequência, pode ser colocada em dúvida a qualidade das respostas, considerando neste caso um possível falha de interpretação dos entrevistados, que podem ter considerado como frequência em estrutura de aço comum e não aço de alta resistência. Este falha de interpretação não foi detectada na fase de pré-teste.

A questão 37 [(...) com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento?], similarmente à questão anterior, busca levantar o uso de um processo construtivo diferente do regularmente utilizado, estrutura retificada em concreto moldado 'in loco'. A média geral foi de 1,02 ponto, sendo que as tipologias 'industrial' e 'comercial' grande porte obtiveram médias de 1,86 e 1,13 pontos, respectivamente. O destaque é que apenas duas empresas nunca utilizaram esta tecnologia, demonstrando a disseminação do uso. Inesperadamente, algumas empresas revelaram uso em tipologias não convencionais, como 'residencial', sendo que duas em níveis elevados (acima de 70% e entre 30 e 70% dos empreendimentos). Este fato pode ser explicado pelo uso de artefatos pré-fabricados que disponíveis no mercado, como as chamadas 'lajes treliçadas pré-fabricadas'. Esta indicação demonstra a capacidade elevada que elementos pré-fabricados, disseminados em peças menores e em diversos padrões no mercado, tem de ocupar no mercado nacional.

Na questão 38 [(...) com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento?] o resultado foi uma média regular em relação às demais estratégias tecnológicas, com 0,69 ponto. Porém foi grande a incidência de empresas que nunca utilizaram a cura química, no total de seis empresas. Esta é uma tecnologia pontual, não se refere a um processo construtivo, mas demonstra a inserção de tecnologias que propiciem melhor desempenho de um elemento

construtivo. Neste caso o objetivo ambiental é evitar o aparecimento de patologias que comprometam a vida útil de projeto ou que ampliem a produção de aspectos ambientais. Outro destaque é que as empresas que fazem uso da cura química responderam que a realizam com a mesma regularidade nas diversas tipologias. Este é um ponto importante: esta estratégia não é vinculada a uma tipologia, sendo viável e aplicada desde a tipologia ‘residencial unifamiliar’ até a ‘infraestrutura’.

Na questão 39 [(...) com qual frequência são utilizados concretos com cimento CPIII conforme a tipologia do empreendimento?] o resultado foi acima da expectativa, com média geral de 1,06, a quarta mais alta. Apenas quatro empresas relataram nunca haver utilizado cimento CPIII. Como a questão anterior, não houve nenhuma tipologia que se destacou, sendo que as médias variaram de 0,87 ponto (‘comercial’ grande porte) a 1,21 pontos (‘residencial unifamiliar’). Igualmente à questão anterior, o uso de CPIII não se vincula a um processo construtivo, e por consequência mais direcionada a determinadas tipologias, mas pode ser pulverizado em todo o mercado. Das 11 empresas que indicaram que os empreendimentos que participaram fazem uso do cimento CPIII, sete responderam com a mesma regularidade de uso em todas as tipologias.

A questão 40 [(...) com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.)], de forma similar à questão 29 (uso do concreto usinado), propõe discutir a regularidade de uso de uma estratégia que já é prática corrente de mercado, o que foi confirmado pela média geral de 1,88, a segunda mais alta entre as estratégias tecnológicas estudadas. Apesar da regularidade entre as médias das tecnologias (variando de 1,47 a 2,13 pontos), destacaram-se as tipologias ‘comercial vertical’ e ‘industrial’, com 2,13 e 2,07 pontos. Este resultado era esperado, tendo em vista que nestas tipologias os procedimentos de racionalizados de execução são mais viáveis e regularmente aplicados.

As médias mais baixas foram encontradas nas ‘tipologias residencial’ e ‘comercial’ pequeno porte. Este resultado indica que os procedimentos racionalizados, apesar de indicarem o uso alto por três empresas (acima de 70%), ainda não estão completamente disseminados em todas as tipologias. Apenas uma empresa nunca

fez uso de formas e cimbramentos racionalizados em empreendimentos que participara.

4.4 ANÁLISES DOS RESULTADOS DA 3ª ETAPA

Nesta etapa foi avaliado a posição dos entrevistados frente a questão da sustentabilidade de maneira mais ampla. O objetivo foi verificar quais abordagens os entrevistados consideram importantes para a melhoria do desempenho ambiental dos empreendimentos e qual a influência do subsistema estrutura.

Na questão 42 [Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?] entre os itens mais selecionados houve pouca variação, destacando-se 'redução do consumo de energia' (10 indicações), seguindo por 'redução de consumo de água', 'redução de consumo de materiais', 'reciclagem e gestão de resíduos' (todos com sete indicações). Outros itens receberam poucas indicações: 'redução das emissões de CO₂' e 'melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos' (ambos com uma indicação); e 'melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras' (duas indicações).

Estes resultados refletem os temas mais discutidos em relação à sustentabilidade na construção civil de modo geral, ao mesmo tempo que o tema central das discussões, as emissões de CO₂ não são enxergadas como relevantes para os entrevistados. Isto pode indicar que a ligação entre um tema global como o aquecimento da Terra e as atividades da construção civil não é bem compreendida e que pouco a construção civil pode contribuir. O conflitante neste resultado é que o tema redução de consumo de energia tem direta relação com a redução das emissões de CO_{2eq.}, seja devido à produção de energia por termoelétricas ou mesmo por a construção de barragens para funcionamento de hidroelétricas.

Também temas mais alheios à disciplina de engenharia estrutural e ao projeto apareceram serem menos relevantes, como 'melhoria do conforto ambiental',

‘melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano’, mas mesmo assim foram citados em três e quatro respostas, respectivamente.

Na questão 43 [Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?] houve pequenas oscilações em relação à questão anterior. A abordagem mais citada foi ‘redução do consumo de materiais’ (treze indicações), seguida por ‘redução do consumo de energia’ (sete indicações) e ‘reciclagem e gestão de resíduos’ (seis indicações). Igualmente, as menos citadas foram: ‘redução das emissões de CO₂’ e ‘melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos’ (ambas com uma citação).

A vinculação entre emissão de CO_{2eq} e estrutura não é adequadamente compreendida pelos agentes, o que pode levantar pelo menos duas hipóteses. Ou falta informação dos aspectos ambientais incorporados na estrutura, não sendo visível a vinculação entre eles, ou os entrevistados entendem que a estrutura já é executada da forma mais econômica, conforme determina a normativa técnica. Mas se a última hipótese fosse correta, não seria explicada pela indicação de 13 dos 15 participantes na abordagem redução do consumo de materiais. Abordagem esta que condiciona a redução da emissão de CO_{2eq}. Esta questão é importante pois deixa claro que temas amplos podem fugir do debate quando se transpõe a universos locais e questões práticas, arriscando perder a perspectiva geral que o processo de sustentabilidade necessita.

4.5 ANÁLISES POR EMPRESA

Para avaliar o desempenho relativo entre as empresas, compara-se a seguir as médias aritméticas das pontuações determinadas pelas questões de frequência de uso. Os resultados seguem na tabela 10.

O objetivo da comparação entre as médias de uso das estratégias das empresas não é criar uma juízo sobre as mesmas, mas entender qual a variação da prática que entre as empresas analisadas. O que está em análise é o mercado de construção civil e não a atuação isolada.

Empresa	Estratégias			Posição (ranking)	Tempo Atuação	Nº Profis.
	Gerenciais	Tecnológicas	Geral			
K	2,60	1,65	2,12	1 ^a	42	5
E	2,22	0,79	1,50	2 ^a	14	4
B	1,56	1,36	1,45	3 ^a	28	10
N	2,10	0,76	1,43	4 ^a	7	3
D	1,56	1,19	1,37	5 ^a	3	2
J	1,78	0,94	1,36	6 ^a	22	8
L	1,70	1,04	1,36	6 ^a	16	53
F	1,40	1,24	1,31	8 ^a	55	50
G	1,44	0,88	1,16	9 ^a	22	42
H	1,30	0,74	1,01	10 ^a	16	3
O	1,56	0,40	0,97	11 ^a	21	9
A	0,80	0,74	0,76	12 ^a	20	2
I	0,60	0,74	0,66	13 ^a	24	1
C	0,70	0,50	0,60	14 ^a	6	4
M	0,20	0,18	0,18	15 ^a	17	10
MÉDIAS	1,43	0,88	1,16		20,8	13,7

Tabela 10: Médias das Pontuações por Empresa

A empresa ‘K’ destacou-se frente às demais, com uma média final de 2,12 pontos. A segunda empresa do ranking, apresentou uma média de 1,50 pontos. A empresa “K” respondeu ‘sim’ tanto para a existência de SGQ implantando quanto para realizar projetos em diferentes processos construtivos. Também foi uma das quatro empresas que considerou importante a implantação de todas as estratégias gerenciais.

Na outra ponta, a empresa ‘M’ apresentou uma média de 0,18 ponto, não possui SGQ implantado, mas realiza projetos em diversos processos construtivos. No entanto, em relação às estratégias gerenciais, respondeu ter pouco frequência das estratégias, mas concorda que as mesmas são importantes para melhoria do desempenho ambiental.

Não obstante os casos extremos anteriores, os resultados não sugerem que exista uma vinculação entre a existência de SGQ implantado e maior uso das estratégias questionadas. As demais empresas que apresentam SGQ implantado apresentaram apenas as 6ª e 8ª posições. Seria necessário uma amostragem maior para indicar uma tendência mais clara.

Também não é possível vincular a frequência de uso das estratégias com o tempo de atuação e o porte das empresas. A oscilação verificada justifica considerar que a complexidade das estratégias gerenciais e tecnológicas não é determinado pela experiência da empresa (tempo de atuação no mercado) nem do porte (número de profissionais que participam da realização de projeto de estruturas), conforme ilustram os gráficos 5 e 6.

Gráfico 5: Comparativo entre tempo de atuação da empresa em anos (eixo Y) com posição geral no ranking (eixo X)

Gráfico 6: Comparativo entre número de profissionais envolvidos diretamente na produção de projeto estrutural na empresa (eixo Y) com posição geral no *ranking* (eixo X)

No gráfico 6, apesar de não ser possível confirmar a expectativa de um gráfico decrescente, em parte devido a pouca variação do porte das empresas, um comportamento pode ser destacado. As maiores empresas apresentaram um desempenho semelhante, em posições intermediárias (posições 7, 8 e 9). Este resultado sugere que o grande porte pode viabilizar a implantação das muitas estratégias justificando a posição intermediária, mas, ao mesmo tempo, a inércia provocada pelo porte da empresa pode dificultar um desempenho superior.

Porém, quando se compara as médias entre as estratégias gerenciais e tecnológicas, as médias das estratégias gerenciais são maiores do que as tecnológicas em catorze dos quinze resultados. E, quando confrontado a posição no *ranking* das médias gerais com o valor da diferença entre as médias das estratégias gerenciais e tecnológicas há uma tendência de que quanto maior a diferença, maior a média geral, ou seja melhor a posição no *ranking* (ver gráfico 7).

Gráfico 7: Comparativo entre diferença entre médias das estratégias gerenciais e tecnológicas (eixo Y) com posição geral no *ranking* (eixo X)

Esta análise pode indicar que a prática das estratégias tecnológicas, como as destacadas na pesquisa, não se relaciona com o porte ou com o tempo de atuação das empresas, mas sim com o grau de estrutura organizacional e de comprometimento com o projeto.

O grau de responsabilidade sobre o projeto se refere às posições questionadas nas estratégias gerenciais quando se tem uma ação a ser tomada, que via de regra é convencionalmente compreendida como adequada, que é assumida mesmo na condição de impactar negativamente o caminho crítico do projeto.

Porém, para conclusão definitiva, é necessário nova pesquisa com amostragem ampliada e com novas questões que direcionem sobre esta questão que a pesquisa sugere, buscando afastar outras possibilidades. Caso se confirme este vínculo, ainda é preciso entender se é uma relação causa-efeito ou se são razões interdependentes.

4.6 ANÁLISE POR TIPOLOGIA

As estratégias tecnológicas destacadas na pesquisa têm como viés o grau de industrialização e o nível de racionalização da construção civil no estado de São Paulo. As questões ou tratam diretamente ou são viáveis por meio das mesmas. Isto é, os processos industrializados e racionalizados permitem a redução de perdas, viabiliza reaproveitamento de materiais, e resultam em produtos de maior qualidade e com maior vida útil. A melhoria do desempenho proporciona melhores resultados aos empreendimentos.

A expectativa era de que as tipologias que envolvessem empreendimentos de maior escala apresentariam maiores frequências de uso das estratégias tecnológicas, pois a reprodução em escala permite que os custos fixos da implantação de uma tecnologia fora do padrão de mercado possa ser amortizada, enquanto que os ganhos advindos de sua aplicação possam ser maximizados. De fato, ao se analisar as médias entre as tipologias, esta expectativa foi confirmada (ver tabela 12).

Posição	Tipologia	Média
1ª	industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	1,05
2ª	comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	0,98
3ª	infraestrutura e obras de arte	0,96
4ª	comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	0,89
5ª	comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	0,80
6ª	residencial unifamiliar	0,78
7ª	residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	0,78

Tabela 11: Médias decrescentes por tipologia

Porém, a posição da tipologia residencial multifamiliar, na não esperada última posição, indica possivelmente que essa tipologia, a despeito da maior escala de empreendimentos que representa frente às tipologias residencial e comercial pequeno porte, apresenta um deficit grande de racionalização e industrialização e, por consequência, de desempenho ambiental sob o ponto de vista do subsistema estrutural. Porém, tanto a escala de trabalho (vários pavimentos ou mesmo várias torres em um mesmo empreendimento) quanto as solicitações de carga (edifícios de grande altura ou eventualmente pavimentos abaixo no subsolo) seriam razões

plausíveis para se alcançar no mínimo a 5ª colocação. Porém, talvez, devido a conservação do processo construtivo padronizado pelo mercado poucas inovações tecnológicas são implementadas no subsistema estrutura.

Como este resultado não é definitivo, outras pesquisas com maior direcionamento para esta questão (o nível de estratégias tecnológicas incorporadas a produção desses empreendimentos) devem ser realizadas para confirmar esta tendência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa elaborou uma relação de estratégias gerenciais e tecnológicas a partir das práticas da estabelecidas no Processo AQUA e por meio de pesquisa bibliográfica, que se relacionam a um desempenho ambiental superior ao convencionalmente aplicado ao subsistema estrutura, considerando seis abordagens desenvolvidas no capítulo 2.

- 1) Redução do consumo de materiais.
- 2) Mitigação de aspectos ambientais.
- 3) Escolha adequada do processo construtivo para cada tipologia.
- 4) Aumento da Vida Útil e diminuição de impactos ambientais no decorrer do ciclo de vida.
- 5) Reuso e Reciclagem.
- 6) Uso de fontes renováveis.

Em um segundo momento foi desenvolvido e aplicada pesquisa por levantamento amostral destinado às empresas de projeto de estruturas com o objetivo de avaliar com que frequência as estratégias elencadas são utilizadas.

Considerando os resultados da pesquisa e as análises elaboradas no capítulo 5, considera-se que o objetivo desta pesquisa, descrito no item 1.4 (Identificar estratégias gerenciais e tecnológicas que levem o subsistema estrutura a um desempenho mais alinhado com princípios de sustentabilidade, e avaliar com que frequência são praticadas pelas empresas de projeto de estruturas atuantes no estado de São Paulo) foi alcançado.

Não obstante aos resultados alcançados, algumas restrições foram encontradas durante o processo.

A primeira limitação foi em relação ao método em si. O método de pesquisa por levantamento amostral, apesar de obter informações diretas sobre o tema abordado, é dependente da percepção do indivíduo participante. Por este motivo é passível de

distorções nos resultados. Este é um elemento intrínseco a esta categoria de pesquisa.

A segunda limitação refere-se à amostragem. Duas restrições foram reconhecidas. A primeira foi a falta de informações sobre a população pesquisada, empresas de projeto de estruturas do estado de São Paulo. Não foi possível confirmar com nenhuma entidade do setor um número de ao menos estimado de quantas são as empresas deste mercado. E mesmo o número conhecido, das empresas associadas à ABECE, possui uma população baixa, apenas 168 empresas no estado de São Paulo. Uma população baixa requer um número percentual elevado de participações para viabilizar uma pesquisa estatisticamente válida, mesmo com margem de erro elevadas. Apesar das tentativas e dos instrumentos de comunicação e do apoio da ABECE, a participação foi abaixo das estimativas, condicionando a pesquisa a um caráter exploratório.

Esta pesquisa apontou possibilidades e deficiências da questão da sustentabilidade e do mercado de construção civil. Em relação ao mercado da construção civil, a lacuna da falta de informações sobre as empresas de projeto de estrutura no estado de São Paulo, mas que possivelmente pode se estender a todos o País, dificulta pesquisas e ações neste segmento de mercado. Por isso novas pesquisas necessitam ser efetuadas para que o lapso de informações seja reduzido, aumentando o conhecimento que vai desde o número de empresas a outras informações detalhadas, como porte (número de profissionais envolvidos, faturamento), localização, produção (quais segmentos de empreendimentos se dedicam e quais processos construtivos utilizados).

Reconhecendo as limitações que a pesquisa considerou, os resultados indicam importantes conclusões.

Em primeiro momento, pode-se considerar que as empresas que realizam projeto de estrutura são, em sua maioria, de pequeno porte. A média geral foi de 13,7 profissionais dedicados ao desenvolvimento de projeto de estruturas por empresa.

No entanto, eliminando as três empresas maiores, a média cai para apenas 4,06 profissionais por empresa.

O tempo de atuação das empresas, com uma média de 20,8 anos, sugere que este mercado é dominado por empresas com período médio a longo de existência. Mesmo com a eliminação das duas maiores empresas, a média se mantém acima de uma década, com 13,7 anos. Este cenário foi benéfico para a pesquisa, pois possibilitou que a amostra apresentasse um amplo retrospecto de obras realizadas, com possibilidade de experiências em diversos processos construtivos.

As estratégias gerenciais, apesar do reconhecimento da importância para a maioria dos entrevistados, na prática foi de emprego muito oscilante por parte das empresas participantes. As estratégias gerenciais já amplamente difundidas são práticas dos entrevistados: participação desde as fases iniciais (média de 1,73 pontos); revisão para melhoria da VUP (média 1,20 pontos); redução de consumo (média de 1,93); simplificação de detalhes de difícil execução em obra (média de 2,33 pontos); racionalização da estrutura (média de 1,80 pontos); e soluções para melhoria da conservação (média de 2,40 pontos). Porém, aquelas direcionadas para temática ambiental, ferramentas de recente introdução, apresentaram menor frequência: realiza ACV (média de 0,60 pontos); estratégias de desconstrução (média de 0,20 pontos); uso de BIM para dimensão dos impactos ambientais (média de 1,11 pontos entre os que utilizam BIM); e gestão de indicadores (média de 0,80 pontos).

Por exemplo, o planejamento para desconstrução é um tema quase que ausente da prática de projeto, assim como a ACV. Se é possível compreender a ausência deste último, por conta de ser ainda uma ferramenta alheia ao projeto de estruturas, que necessita de uma abordagem sistêmica e sendo privada de maiores dados da indústria de materiais brasileira, o mesmo não se pode afirmar no primeiro caso. O fim da vida útil e a capacidade de reciclagem e gestão dos resíduos é uma estratégia que pode ser absorvida no projeto, mas, ao que os resultados indicam, é uma questão relegada apenas à fase de demolição.

Apesar da sensível oscilação das frequências das estratégias gerenciais, quando questionadas se as empresas consideravam estas mesmas estratégias importantes, a hegemonia das respostas foi 'sim'. Das 180 respostas, apenas 27 foram 'não' (15%). Este resultado permite concluir que as empresas consideram estas estratégias relevantes, e que têm consciência da importância das mesmas para promoção de um subsistema estrutura com desempenho ambiental melhor, mas não as praticam. A pesquisa não se propôs analisar a razão desta contradição, mas sugere que, por meio de pressão de mercado, advindas diretamente do empreendedor, do consumidor ou de entidades civis, sendo um dos instrumentos a certificação ambiental, estas estratégias podem ser incorporadas à prática da produção das empresas de projeto de estruturas.

Dentre as estratégias gerenciais, uma que se destaca negativamente é a frequência de uso das plataformas BIM. Mesmo com a presença no mercado há cerca de uma década, ainda não se apresenta disseminada até mesmo no mercado paulista, como indica a pesquisa. E esta ferramenta é a base para viabilizar algumas das estratégias e abordagens destacadas na pesquisa, como ACV e escolha adequado do processo construtivo. Por esta razão é fundamental a atuação para fomentar o uso dos sistemas BIM, não apenas com o objetivo de melhoria do desempenho ambiental, mas como forma de melhoria do desempenho geral do projeto de estruturas.

Grande parte das estratégias tecnológicas estão diretamente ligadas à industrialização e à racionalização da construção. Por industrialização, entende-se, neste momento da construção civil nacional, não a implantação de um sistema construtivo e sim a incorporação de tecnologias e produtos industrializados, eliminando os procedimentos no canteiro de obras, aumentando o desempenho e a qualidade dos produtos finais. Essa qualidade do produto seguramente se vincula à qualidade ambiental, pois permite a redução do desperdício e economia do consumo de materiais, geram menor volume de resíduos e condiciona uma Vida Útil de Projeto (VUP) maior, ainda com menor produção de aspectos ambientais para manutenção na fase de uso.

As estratégias tecnológicas relacionadas a racionalização e industrialização apresentaram uma clara incorporação à prática de mercado, refletindo o desenvolvimento técnico e a preocupação em redução de custos e prazos. Isso levou a que as estratégias relacionadas a este objetivo (racionalização e industrialização) apresentassem frequências maiores de uso. As estratégias que se destacaram foi o uso de concreto usinado (média de 2,64 pontos), uso de formas racionalizadas (média de 1,81 pontos), uso de cimento CP III (com média de 1,06) e uso do componentes pré-fabricados de concreto (média de 1,02 pontos). O que significa concluir que a racionalização e industrialização dos processos construtivos incorporam a solução em pelo menos dois apoios do tripé da sustentabilidade, aliando quesitos ambientais e econômicos.

Desta maneira, as estratégias tecnológicas foram avaliadas considerando a perspectiva de que podem ser incorporadas a um método ou processo construtivos industrializados ou racionalizados. Mesmo no capítulo 3, quando discutido sobre o emprego processos construtivos com uso de solo, apesar da constatação da restrições a estes processos construtivos, encaminhou-se para uma solução mais industrializada possível, através de sistemas automatizados de execução de tijolos.

Mas a grande lacuna destacada dentre estratégias tecnológicas envolveu aquelas relacionadas à reciclagem e uso de resíduos de outras indústrias. As frequências de uso foram as mais baixas. O uso de concreto com agregados reciclados classe A (média de 0,29 ponto) e de concreto com resíduos de outras indústrias (média de 0,11 pontos) mostraram-se não ser objeto de prática regular no mercado, requerendo que essa questão seja discutida de forma mais aprofundada pelo setor para viabilizar o seu emprego.

Apesar da sensibilização ao tema da sustentabilidade, a prática aplicada no subsistema estrutura dos empreendimentos e pelas empresas de projeto de estruturas ainda é irregular no estado de São Paulo. Irregular tanto quando considerando as tipologias discutidas quanto quando a análise é restrita por empresa isoladamente.

Os melhores resultados de frequências das estratégias questionadas foram aqueles que vão ao encontro de produtos estabelecidos no mercado de construção civil, dentre eles o uso do concreto usinado. Este resultado indica que a viabilidade assumindo apenas metas e parâmetros exclusivamente ambientais podem ser de mais difícil adoção. Esta constatação é coerente com o conceito de tripé da sustentabilidade, na medida que as estratégias destacadas como mais efetivamente utilizadas são vinculadas a princípios de racionalização e, principalmente, de industrialização, considerando estes últimos instrumentos de condução do equilíbrio, ao menos, entre o balanço econômico e ambiental.

A pesquisa indicou a possibilidade de uma relação diretamente proporcional entre a prática das estratégias gerenciais e o resultado das médias de frequência global das estratégias. A análise das médias das empresas da amostra, não indica que haja uma vinculação entre o porte e o tempo de atuação e melhores médias de frequência de emprego das estratégias estudadas.

Mas maiores diferenças entre as frequências das estratégias gerenciais em relação às frequências das estratégias tecnológicas proporcionam um desempenho geral melhor. Esta constatação sugere que, quanto maior o nível de comprometimento com o projeto e melhor a estrutura organizacional da empresa de projeto de estruturas, o que afinal as estratégias gerenciais tratam, maior é a capacidade de absorção do conjunto das estratégias gerenciais e tecnológicas nos empreendimentos das quais participam.

Considerando as limitações da análise e as conclusões da pesquisa, é possível indicar outros estudos conduzidos para que se obtenham mais avanços do conhecimento da área.

Devido a lacuna de informações sobre as empresas de projeto de estruturas, para novas pesquisas acerca deste segmento, torna-se necessário a realização de uma pesquisa de levantamento para de fato compreender qual é a dimensão da população de empresas, há quanto tempo atuam, de onde atuam e o que produzem, e qual é seu porte, seja por faturamento ou por número de funcionários.

Esta pesquisa foi produzida tendo apenas um subsistema como foco de análise, mas futuros estudos podem ser realizados utilizando método similar para os demais de subsistemas. O objetivo seria analisar como o setor da construção civil pode absorver os princípios de sustentabilidade em cada segmento de um empreendimento.

Outras pesquisas podem ser encaminhadas para a comprovação das hipóteses estabelecidas nesta pesquisa. O principal encaminhamento delas seria definir com maior precisão a relação entre estratégias gerenciais e tecnológicas. Tendo este objetivo, a pesquisa encaminharia para a comprovar através de uma amostra mais ampla e definir questões que afastem outras hipóteses, gerando um conhecimento melhor deste mercado e permitindo meios de desenvolvimento da cadeia produtiva da construção civil mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR ISO 14040. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro. 2001

ALLOUCHE, E. N.;VAIDYA, S. **Strain Sensing of Carbon Fiber Reinforced Geopolymer Concrete**. in Materials and Structures, volume 44, número 8, páginas 1467-1475, 2011

ÂNGULO, S. C. et al. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados por líquidos densos**. Anais. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004, 13 p.

ÅRSKOG, V.;SVERRE, F.; Odd E. GJØRV. **Life-cycle Assessment of Repair and Maintenance System for Concrete Structures**. in International Workshop on Sustainable Development and Concret Technology. Beijing, páginas 193 a 200, 20-21 maio, 2004

AULICINO, Patrícia. **Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: o caso dos Conjuntos Habitacionais** - 144p Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

BANTHIA, N. **Fiber Reinforced Concrete for Suistainable and Intelligent Infrastructure**. In SBEIDCO, 1st International Conference on Sustainable Built-Environment Infrastructures in Developing Countries (ENSET), Oran, Argélia, outubro, 2009

BARBOSA, M. B.; MARTINS, I.R.F.;VITA, M. O.; AKASAKI, J.L. **Estudo de Viabilidade da Incorporação Cinza de Casca de Arroz na Composição do Concreto de Alto Desempenho com resíduo de Borracha de Pneu**. in VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto. p. 1275-1287, abril 2006.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R.; MESBAH, A., 2002. **Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção.**

Biblioteca SEBRAE Online. Disponível em

<[http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/cab3f008df2e175e03256d110062efc4/ae6ec233b84c285b03256f940051465f/\\$FILE/NT000A3516.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/cab3f008df2e175e03256d110062efc4/ae6ec233b84c285b03256f940051465f/$FILE/NT000A3516.pdf) > Acessado em 21 de novembro de 2012.

BARROS, Mercia M.S.B. **Metodologia para Implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo, 1996. 442 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BARROS, Mercia M.S.B. **O Desafio da Implantação de Inovações Tecnológicas no Sistema Produtivo das Empresas Construtoras.** P. 249 a 285. in Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios Vedações Verticais. São Paulo. 1998.

BESSA, Vanessa M. T. **Contribuição à Metodologia de Avaliação das Emissões de Dióxido de Carbono no Ciclo de Vida das Fachadas de Edifícios de Escritórios.** 263 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2010

BIGNO, I. C.; SILVA, F. J.; THAUMATURGO, C. **Cimentos Geopoliméricos a Base de Resíduos Agrícolas e Agro-Industriais.** in Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in Ecological and Sustainable Construction IAC-NOCMAT. Rio de Janeiro. 2005

BUENO, Cristiane. **Avaliação de Desempenho Ambiental de Edificações Habitacionais: Análise Comparativa dos Sistemas de certificação no contexto brasileiro.** 123 p. Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2010

BRUNTLAND, G.H. **Our Common Future: The World Comission on Environmental rating for homes. Developer Sheets.** Agosto 2006. Disponível em www.ecohomes.org. Acesso em setembro 2011

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (CBIC). **Dados Consolidados Brasil 1950 – 2010.** Disponível em <<http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>>. Acesso janeiro 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) <http://www.cimento.org>> Acesso em: maio 2011.

CSILLAG, Diana. **Análise das práticas de sustentabilidade em projetos de construção latino americanos** - 177 p Dissertação de (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007

DEGANI, Clarice M. **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de Edifícios** - 223 p Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003

DEGANI, Clarice M.; CARDOSO, Francisco F. **A Sustentabilidade ao Longo do Ciclo de Vida de Edifícios: a Importância da Etapa de Projeto Arquitetônico.** In NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, outubro 2002.

DOSHO, Y. **Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System – Application of Recycled Aggregate Concrete Produce by Aggregate Replacing Method.** In Journal of Advanced Concrete Technology, vol 5, nº 1, pag. 27 – 42, Japão, fevereiro 2007.

FREYERMUTH, C. L.; **Life-Cycle Cost Analysis for Large Segmental Bridges.** in Concrete International, V. 23, número. 2, Feb. 2001, pp. 89-95.

GAMA, R. **Tecnologia e o trabalho na história.** São Paulo, Nobel-EPUSP. 1986.

GERVÁSIO, H.;SILVA, L. S. A Sustentabilidade do Aço. In V Congresso de Construção Metálica e Mista. Pag. 719 a 730.

GIL, A.C.; **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4ª edição, São Paulo, Editora Altas, 2008.

GJØRV, O.E. **Durability Design and Construction Quality**. Submetido ao processo International Conference on Advances in Concrete and Structures 2003, Xuzhou, Jiangsu, China, 2003.

HERNANDEZ, Thiago Zaldini. **LEED_NC como Sistema de Avaliação da Sustentabilidade: uma perspectiva nacional?** – 134 p Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

HO, D.W.S., MAK, S.L., SAGOE-CRENTSIL, K.K, “**Clean Concrete Construction: An Australian Perspective**”, **Proceedings, Concrete Technology for a Sustainable Development in the 21st Century**, ed. by O. E. Gjorv and K. Sakai (E & FN Spon, London and New York, 2000) 236-245.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Domicílios Rurais**. Disponível em <<http://www.ibge.org.br>>. Acesso janeiro 2014

INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE (IRSI). **The Measure of our Sustainability. Report of the world steel industry 2004**. 2004

JONKERS, H.M.;THIJSSSEN, A.;MUYZER, G.;COPUROGLU, O.;SCHLANGEN, E. **Application of bacteria as sel-healing agent for the development of Sustainable Concrete**. in Ecological Engineering, Elsevier, 2008

JÖNSSON, Asa. **Including the Use Phase in LCA of Floor Coverings**. in The Internation Conference and Exhibition on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability. Washington. Abril 2000

LI, Z.;DING,Z; ZHANG, Y. **Development of Sustainable Cementitious Materials.** in International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. Páginas 55 a 76. Pequim. 2004

LIMA, Patrícia H. **Projeto Sustentável: Exigência para o Século XXI. Percepção do projeto sustentável na produção imobiliária Atual.** 241 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009

LIMA, J. A. R.; JOHN, V. M. **Avaliação das Consequências da Produção de Concreto no Brasil para as Mudanças Climáticas.** in Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2009

MAIA, R. T.; BARRETO, M. G. C.; FOLZ, R. R.; SERTORI, R. J. V.; DIAS, G.; INO, A.; SHIMBO, I. **Avaliação de Desempenho das Vedações de Taipa de Mão executadas em duas Edificações-protótipo. Caso: Unidades Experimentais 001 e 002 – EESC/USP.** in V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Recife. 28 a 30 de outubro de 2009.

MEDEIROS, M.;ANDRADE, J.J.O.;HELENE, P. **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto.** in Concreto: Ciência e Tecnologia. IBRACON. Capítulo 22. 2011

MELHADO,S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo: 1994. 294p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

MELHADO,S. B. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios.** Tese de Livre Docência - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.235 p. São Paulo 2001

MEHTA, P.K. **Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development** in Concrete International. Pages 23 a 28. Julho. 2002

MEHTA, P.K. **High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Sustainable Development** in International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. páginas 3 a 14. 20-21 Maio. 2004

MEHTA, P.K. **Reducing the Environmental Impact of Concrete. Concrete can be durable and environmentally friendly.** In Concrete International, outubro, 2001

MURTA, A. A. de J.; VARUP, H.; PINTO, J. T. Q. DA S.; **Proposta e Verificação de Soluções Visando a uma Construção com Saldo Nulo de Emissões de CO₂.** Revista CIATEC - UPF. Volume 2. Páginas 1 a 14. 2010

MORTON, T. A; BRETSCHNEIDER, P.; COLEY, D.; KERSHAW, T. Building a better future: An exploration of beliefs about climate change and perceived need for adaptation within the building industry. University of Exeter. Exeter, Reino Unido. (2007)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional** 1994. Brasília, 1995

PARDINI, Andrea F. **Contribuição ao Entendimento da Aplicação da Certificação LEED e do Conceito de Custos no Ciclo de Vida em Empreendimentos mais Sustentáveis no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP. Campinas. 2009.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999, 190 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PISANI, M. A. J. **Taipas: a arquitetura de Terra.** in Sinergia, v. 5, n. 1, p.9 a 15. Janeiro – Junho. 2004

POSSAN, E.; FOGAÇA, J.C.;PAZUCH, C.M. **Sequestro de CO₂ devido à Carbonatação do Concreto: Potencialidades da Barragem de Itaipu**. In REA (Revista de Estudos Ambientais). V.14,p.28-38. 2012

PROMPT, C.H.; BORELA, L. L.. **Experiências em Construção com Terra no segmento da Agricultura Familiar**. in II Congresso de Arquitetura e Construção comTerra no Brasil 2010.

PUNHAGUI, K.R.G; CAMPOS, E. F.; GONZÁLEZ, J.M.B.;JOHN, W.M. **Prospects for the Use of Wood in Residential Constrution in Brazil – Frist Results**. in Key Engineering Materials, vol. 517, páginas 247-260.

RESENDE, M. F.; SOUZA, U.E.L; ANDRADE, A. C.;TAIGY, A.C. **Alternativas para Redução de Desperdícios de Materiais na Execução da Estrutura de Concreto Armado**. In Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. São Paulo. 1998

ROCHA, E. G. de A.; SPOSTO, R. M.. **Quantificação e caracterização dos resíduos da construção civil da cidade de Brasília**. Anais: In: IV SIBRAGEQ – I ELAGEC Porto Alegre, 24 a 26 de novembro, 2005. 10 p

SABATTINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Produtivos – Formulação e Aplicação de uma Metodologia**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1989

SACHS, I. **Environnement et styles de développements**. Annales (éconies, sociétés, civilisations). p. 553-570 – maio-junho 1974.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação do Impacto Ambiental. Conceitos e Métodos**. Oficina de Textos. 3ª Edição. São Paulo. 2008.

SANTOS, M. D. dos. **Construção com Terra Crua: Viabilidade Tecnológica e Energética em Habitações Sociais**. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba. 2002

SILVA, Fernando M. G. da. **Análise da Sustentabilidade no Processo de Produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico. Caso Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva –SP**. 171 p. Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2007

SILVA, Maria A. C. **Metodologia de Seleção Tecnológica na Produção de Edificações com o Emprego do Conceito de Custos ao Longo da Vida Útil**. 333 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1996

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, UFSC, 4. ed. Ver. Atual. Florianópolis 2005

SOUZA, U. E. de. Como reduzir perdas nos canteiros. Manual de gestão de consumo de materiais na construção civil. São Paulo, Pini, 2005

SOUZA, U. E. de; DEANA, D. F. **Levantamento do estado da arte: Consumo de materiais**. Projeto FINEP 2386/04. Habitação mais Sustentável. São Paulo. 2007

TASHIMA, M. M.; SOUZA, L. C.; AKASAKI, J. L.; MELGES, J. L. P.; BERNABEU, J. J. P. **Reaproveitamento da Cinza de Casca de Arroz na Construção Civil**. In Holo Environment, v. 11, n.1, pag. 82-89. 2011

TORRES, M. R.; AKEMI, I. **Variáveis Técnicas que interferiram no uso da Terra para Habitação Social Rural. Caso: Assentamento Rural Sepé Tiaraju, Serra Azul-SP**. in II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Campo Grande. 2010

UMAKOSHI, Erica M. **Uma Visão Crítica do Edifício Alto sob a Ótica da Sustentabilidade**. 272 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008

VALENTE, Josie P. **Certificações na Construção Civil: Comparativo entre LEED e HQE**. 65 p. Dissertação de Graduação. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009

VANZOLINI, FUNDAÇÃO. **Referencial Técnico para Edificações Habitacionais**. Versão 2. São Paulo. 2013

VERASZTO; E. V; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. **Terminologia; buscando uma definição para o conceito** . in PRISMA ISSN: 1646 - 3153 , 2008

VIOLA, Eduardo . **O Movimento Ecológico No Brasil, 1974-1986: do Ambientalismo A Ecopolítica**. In: Jose Padua. (Org.). ECOLOGIA E POLITICA NO BRASIL. 1 ed. RIO DE JANEIRO: ESPACO E TEMPO, v. , p. 63-110, 1986.

VOSQUERITCHIAN, Andrea B. **A Abordagem dos Sistemas de Avaliação de Sustentabilidade da Arquitetura nos quesitos Ambientais de Energia, Materiais e Água, e suas Associações às Inovações Tecnológicas**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006

WATHER, L. L.; **An Introductory guide to EIA**. In WATHERN, P (Org.) Environmental impact assessment: theory and practice. London: Unwin Hyman, 1988. P. 3-30.

Apêndice I

Convite enviado às Empresas participantes da Fase Estendida da Pesquisa por
Levantamento

estrutura
Tecnolo
gia & sus
tentabilidade

**PESQUISA ON LINE SOBRE AS TECNOLOGIAS PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO
AMBIENTAL DAS EDIFICAÇÕES**

RESPONDER

duração 10 mim!

Direcionada para os **escritórios de projeto estrutural**, o questionário elaborado dentro do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, e com apoio da ABECE, busca traçar o perfil das inovações tecnológicas em prática nas estruturas de edifícios em São Paulo

Apêndice II

Formulário Aplicado na Fase Pré-Teste

Tecnologias para a Sustentabilidade em Prática do Subsistema Estrutura

Os pesquisadores Hernani Carvalho Paiva e Francisco F. Cardoso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, com apoio da ABECE - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, como parte de pesquisa que levanta as práticas tecnológicas com objetivo de melhoria do desempenho ambiental do subsistema estrutura no mercado de construção no estado de São Paulo, propõem este questionário desenvolvido para empresas que atuam no projeto estrutural. Considerando o domínio técnico e o papel fundamental exercido pelo projetista de estruturas, este questionário busca traçar o perfil da prática de algumas soluções gerenciais e tecnológicas que representam um avanço na qualidade ambiental dos bens construídos. O questionário é composto de três blocos: 1) Perfil do Entrevistado e da Empresa 2) Estratégias Gerenciais e Tecnológicas 3) Impressões Gerais do Entrevistado sobre o tema da sustentabilidade. Para cada questão, além das alternativas de escolha pré-selecionadas, há um quadro para posicionamento livre sobre o tema ou sobre a escolha da alternativa. Sinta-se livre para expor sua opinião.

Primeira Parte Perfil do Entrevistado e da Empresa

1- Qual sua função na empresa?

2- Desde qual ano a empresa executa projetos estruturais?

3- Qual o número de integrantes da empresa que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?

2ª Parte Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental – Estratégias Gerenciais

4- A empresa elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?

1. Sim
2. Não

5- Em relação à empresa, ela possui um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?

1. Sim
2. Não

Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência o escritório...

	0% dos empreendimentos	0 a 25% dos empreendimentos	25 a 50% dos empreendimentos	50 a 75% dos empreendimentos	acima de 75% dos empreendimentos
6 ...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	☐	☐	☐	☐	☐
7 ...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	☐	☐	☐	☐	☐
8 ...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?	☐	☐	☐	☐	☐
9 ...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	☐	☐	☐	☐	☐
10 ...adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias?	☐	☐	☐	☐	☐
11 ...revisa detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal foi encontrada?	☐	☐	☐	☐	☐
12 ...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	☐	☐	☐	☐	☐
13 ...revisa o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização do projeto mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	☐	☐	☐	☐	☐
14 ...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	☐	☐	☐	☐	☐
15 ...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	☐	☐	☐	☐	☐

Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, você considera importante que o escritório de projeto de estrutura...

	sim	não
16 ...atue desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	☐	☐
17 ...realize Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	☐	☐
18 ...revise o projeto com o objetivo de ampliar a vida útil de projeto mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) foi definida?	☐	☐
19 ...incorpore estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	☐	☐
20 ...adote estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias?	☐	☐
21 ...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução	☐	☐

ideal foi encontrada?		
22 ...utilize programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	☐	☐
23 ...revise o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização do projeto mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	☐	☐
24 ...utilize Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	☐	☐
25 ...adote soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	☐	☐
26 ...tenha capacidade técnica de realizar projetos em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	☐	☐
27 ...tenha Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	☐	☐

Sinta-se livre para comentar sobre qualquer das questões acima

2ª Parte Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

28-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

29-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐

infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

30-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos nesta tipologia	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

31-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos nesta tipologia	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

32-Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?

1. sim
2. não

33-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
	☐	☐	☐	☐	☐	☐

	nesta tipologia					
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

34-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendi- mentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

35-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendi- mentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

36-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

37-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

38-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

39-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CIII conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

40-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 25%	entre 25 e 50%	entre 50 e 75%	acima de 75%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados, hotéis)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
outras	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3ª Parte Visão Geral do Tema

41-Há alguma(s) tecnologia(s) específica(s) que considere relevante(s) para o desempenho ambiental do edifício e que tenha(m) sido utilizada(s) recentemente em projetos da empresa e que não tenha sido mencionada anteriormente?

42-Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?

1. redução do consumo de energia
2. redução do consumo de água
3. redução do consumo de materiais
4. redução das emissões de CO₂
5. melhoria do conforto ambiental
6. melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos

7. melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano
8. melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras
9. reciclagem e gestão de resíduos
10. outra

43-Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?

1. redução do consumo de energia
2. redução do consumo de água
3. redução do consumo de materiais
4. redução das emissões de CO₂
5. melhoria do conforto ambiental
6. melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos
7. melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano
8. melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras
9. reciclagem e gestão de resíduos

Apêndice III

Formulário Aplicado na Fase Estendida

Estratégias para a Sustentabilidade em Prática pelas Empresas de Projeto de Estruturas

Os pesquisadores Hernani Paiva e Francisco F. Cardoso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP, com apoio da ABECE - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, como parte de pesquisa que levanta as práticas tecnológicas com objetivo de melhoria do desempenho ambiental no mercado de construção no estado de São Paulo, propõem este questionário voltado para empresas que atuam no desenvolvimento do projeto estrutural. Considerando o domínio técnico e o papel fundamental exercido pelo projetista de estruturas, este questionário busca traçar o perfil da prática de algumas soluções gerenciais e tecnológicas que representam um avanço na qualidade ambiental dos bens construídos. O questionário é composto de três blocos: 1) Perfil do entrevistado e da empresa 2) Estratégias gerenciais e tecnológicas 3) Visão geral do tema.

Primeira Parte Perfil do Entrevistado e da Empresa

1- Qual sua função na empresa e qual sua formação?

2- Desde qual ano a empresa executa projetos estruturais?

3- Qual o número de profissionais que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?

2ª Parte Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental Estratégias Gerenciais

4- A empresa elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?

1. Sim
2. Não

5- Em relação à empresa, ela possui um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?

1. Sim
2. Não

Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência a empresa...

	0% dos empreendimentos	0 a 30% dos empreendimentos	30 a 70% dos empreendimentos	acima de 70% dos empreendimentos
6 ...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	☐	☐	☐	☐

7 ...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	☐	☐	☐	☐
8 ...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?	☐	☐	☐	☐
9 ...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	☐	☐	☐	☐
10 ...adota estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?	☐	☐	☐	☐
11 ...revisa detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?	☐	☐	☐	☐
12 ...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais das estruturas? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	☐	☐	☐	☐
13 ...revisa o projeto com o objetivo de aumentar racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	☐	☐	☐	☐
14 ...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	☐	☐	☐	☐
15 ...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	☐	☐	☐	☐

Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, você considera importante que a empresa ...

	sim	não
16 ...atue desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?	☐	☐
17 ...realize Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?	☐	☐
18 ...revise o projeto com o objetivo de ampliar a vida útil de projeto mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?	☐	☐
19 ...incorpore estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?	☐	☐
20 ...adote estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?	☐	☐
21 ...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?	☐	☐
22 ...utilize programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)	☐	☐
23 ...revise o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?	☐	☐

24 ...utilize Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para o melhoria do desempenho ambiental do edifício?	☐	☐
25 ...adote soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?	☐	☐
26 ...tenha capacidade técnica de realizar projetos em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?	☐	☐
27 ...tenha Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?	☐	☐

Sinta-se livre para comentar sobre qualquer das questões acima

2ª Parte Estratégias para Melhoria do Desempenho Ambiental - Tecnologias

Nas questões 28 a 40, caso a empresa não possua experiência em desenvolvimento de projeto de uma determinada tipologia, marcar a opção: sem empreendimentos nesta tipologia. Caso tenha executado projetos em uma determinada tipologia, mas a tecnologia questionada nunca foi empregada, utilize a opção: 0%.

28-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 60%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

29-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐

infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

30-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

31-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

32-Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?

1. sim
2. não

33-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e	☐	☐	☐	☐	☐

grandes galpões)					
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

34-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

35-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

36-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐

infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐
--------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

37-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

38-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

39) Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CP III conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

40-Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento?

(percentagem do total dos empreendimentos)

	Sem empreendimentos	0%	entre 0 e 30%	entre 30 e 70%	acima de 70%
residencial unifamiliar	☐	☐	☐	☐	☐
residencial multifamiliar (mercado imobiliário)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (pequenas lojas, serviços, restaurantes)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial (grandes lojas, shoppings, supermercados)	☐	☐	☐	☐	☐
comercial vertical (corporativo, escritórios, hotéis, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
industrial (plantas industriais e armazéns e grandes galpões)	☐	☐	☐	☐	☐
infraestrutura e obras de arte	☐	☐	☐	☐	☐

3ª Parte Visão Geral do Tema

41-Cite alguma(s) tecnologia(s) específica(s) que considere relevante(s) para o desempenho ambiental do edifício e que tenha(m) sido utilizada(s) recentemente em projetos da empresa e que não tenha sido mencionada anteriormente.

--

42-Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?

1. redução do consumo de energia
2. redução do consumo de água
3. redução do consumo de materiais
4. redução das emissões de CO₂
5. melhoria do conforto ambiental
6. melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos
7. melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano
8. melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras
9. reciclagem e gestão de resíduos
10. outra

43-Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?

1. redução do consumo de energia
2. redução do consumo de água
3. redução do consumo de materiais
4. redução das emissões de CO₂
5. melhoria do conforto ambiental
6. melhoria das condições sanitárias dos ambientes internos
7. melhoria da integração do empreendimento com o espaço urbano
8. melhoria das condições de trabalho nos canteiros de obras

reciclagem e gestão de resíduo

Apêndice IV

Resultados da Fase Estendida em gráficos isolados de cada Questão

Primeira Parte: Perfil do Entrevistado e da Empresa

Questão 1

Qual a função na empresa e qual sua formação?

Gráfico 01: Função exercida pelo respondente

Gráfico 02: Formação Acadêmica do respondente

Questão 2

Desde qual ano a empresa realiza projetos em estrutura?

Gráfico 03: Resultados Modulados em intervalos de tempo de existência, com média de 19 anos, sendo a mais recente com 3 anos e a mais antiga com 55 anos de existência.

Questão 3

3- Qual o número de profissionais que trabalham diretamente no desenvolvimento de projeto estrutural?

Gráfico 04: Resultados modulados em intervalos de número de profissionais, com média de 13,7 profissionais por empresa

2ª Parte

Estratégias Gerenciais para Melhoria do Desempenho Ambiental

Questão 4

A empresa elabora projetos de estrutura em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)

Gráfico 8: Respostas à Questão 4

Questão 5

Em relação à empresa, ela possui um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?

Gráfico 9: Respostas à Questão 5

Nas questões 6 a 15, o enunciado inicia-se com: “Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com que frequência a empresa...”

Questão 6

...atua desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?

Gráfico 10: Respostas à Questão 6

Questão 7

...realiza Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?

Gráfico 11: Respostas à Questão 7

Questão 8

...revisa o projeto com o objetivo de ampliar a Vida Útil de Projeto (VUP) mesmo quando a melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?

Gráfico 12: Respostas à Questão 8

Questão 9

...incorpora estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao final da vida útil?

Gráfico 13: Respostas à Questão 9

Questão 10

...adota estratégias que visem a redução consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?

Gráfico 14: Respostas à questão 10

Questão 11

...revisa detalhes de difícil execução em obra de mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?

Gráfico 15: Respostas à questão 11

Questão 12

...utiliza programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais das estruturas? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)

Gráfico 16: Respostas à Questão 12

Questão 13

...revisa o projeto com o objetivo de aumentar racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?

Gráfico 17: Respostas à Questão 13

Questão 14

...utiliza Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para a melhoria do desempenho ambiental do edifício?

Gráfico 18: Respostas à Questão 14

Questão 15

...adota soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?

Gráfico 19: Respostas à Questão 15

Nas questões 6 a 15, o enunciado inicia-se com: “Tendo como objetivo a melhoria do desempenho ambiental do edifício, você considera importante que a empresa...”

Questão 16

...atue desde as fases iniciais, a partir do estudo preliminar de arquitetura?

Gráfico 20: Respostas à Questão 16

Questão 17

...realize Análise de Ciclo de Vida (ACV) para tomada de decisões de projeto?

Gráfico 21: Respostas à Questão 17

Questão 18

revise o projeto com o objetivo de ampliar a vida útil de projeto mesmo quando a final melhor solução (custo, prazo, execução) já foi definida?

Gráfico 22: Respostas à Questão 18

Questão 19

...incorpore estratégias de projeto para a desconstrução e desmonte da estrutura ao da vida útil?

Gráfico 23: Respostas à Questão 19

Questão 20

...adote estratégias que visem a redução de consumo de material mesmo com aumento do custo ou da complexidade das tecnologias empregadas?

Gráfico 24: : Respostas à Questão 20

Questão 21

...revise detalhes de difícil execução em obra mesmo quando a solução ideal do ponto de vista de projeto já foi encontrada?

Gráfico 25: : Respostas à Questão 21

Questão 22

...utilize programas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) para redução dos impactos ambientais? (caso não utilize BIM, deixe esta questão em branco)

Gráfico 26: Respostas à Questão 22

Questão 23

...revise o projeto com o objetivo de aumentar a racionalização da execução mesmo com implicações para as demais disciplinas, especialmente arquitetura?

Gráfico 27: Respostas à Questão 2

Questão 24

...utilize Gestão de Indicadores para análise crítica de projetos para a melhoria do desempenho ambiental do edifício?

Gráfico 28: Respostas à Questão 24

Questão 25

...adote soluções de projeto que visem facilitar a conservação e manutenção da estrutura?

Gráfico 29: Respostas à Questão 25

Questão 26

...tenha capacidade técnica de realizar projetos em diferentes materiais construtivos (concreto, aço, madeira, alvenaria estrutural, etc.)?

Gráfico 30: Respostas à Questão 26

Questão 27

...tenha Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implantado?

Gráfico 31: Respostas à Questão 27

2ª Parte

Estratégias Tecnológicas para Melhoria do Desempenho Ambiental

Questão 28

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada a protensão de estruturas de concreto conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 28A - residencial unifamiliar

Gráfico 32: Respostas à Questão 28A

Questão 28B - residencial multifamiliar

Gráfico 33: Respostas à Questão 28B

Questão 28C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 34: Respostas à Questão 28C

Questão 28D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 35: Respostas à Questão 28D

Questão 28E - comercial vertical

Gráfico 36: Respostas à Questão 28E

Questão 28F - industrial

Gráfico 37: Respostas à Questão 28F

Questão 28G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 38: Respostas à Questão 28G

Questão 29

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto usinado nas obras conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 29A - residencial unifamiliar

Gráfico 39: Respostas à Questão 29A

Questão 29B - residencial multifamiliar

Gráfico 40: Respostas à Questão 29B

Questão 29C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 41: Respostas à Questão 29C

Questão 29D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 42: Respostas à Questão 29D

Questão 29E - industrial

Gráfico 43: Respostas à Questão 29E

Questão 29F - industrial

Gráfico 44: Respostas à Questão 29F

Questão 29G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 45: Respostas à Questão 29G

Questão 30

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas fibras no concreto com função estrutural (pisos industriais, por exemplo) conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 30A - residencial unifamiliar

Gráfico 46: Respostas à Questão 30A

Questão 30B - residencial multifamiliar

Gráfico 47: Respostas à Questão 30B

Questão 30C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 48: Respostas à Questão 30C

Questão 30D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 49: Respostas à Questão 30D

Questão 30E - comercial vertical

Gráfico 50: Respostas à Questão 30E

Questão 30F - industrial

Gráfico 51: Respostas à Questão 30F

Questão 30G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 52: Respostas à Questão 30G

Questão 31

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto de alto desempenho (CAD) conforme a tipologia do empreendimento? (percentagem do total dos empreendimentos)

Questão 31A - residencial unifamiliar

Gráfico 53: Respostas à Questão 31A

Questão 31B - residencial multifamiliar

Gráfico 54: Respostas à Questão 31B

Questão 31C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 55: Respostas à Questão 31C

Questão 31D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 56: Respostas à Questão 31D

Questão 31E - comercial vertical

Gráfico 57: Respostas à Questão 31E

Questão 31F - industrial

Gráfico 58: Respostas à Questão 31F

Questão 31G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 59: Respostas à Questão 31G

Questão 32

Em relação a atuação da empresa, há experiência de utilização do concreto geopolimérico?

Gráfico 60: Respostas à Questão 32

Questão 33

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos Classe A como agregados (Resolução Conama 307) conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 33A - residencial unifamiliar

Gráfico 61: Respostas à Questão 33A

Questão 33B - residencial multifamiliar

Gráfico 62: Respostas à Questão 33B

Questão 33C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 63: Respostas à Questão 33C

Questão 33D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 64: Respostas à Questão 33D

Questão 33E: comercial vertical

Gráfico 65: Respostas à Questão 33E

Questão 33F: industrial

Gráfico 66: Respostas à Questão 33F

Questão 33G: infraestrutura e obras de arte

Gráfico 67: Respostas à Questão 33G

Questão 34

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado concreto com resíduos de outras indústrias incorporados conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 34A - residencial unifamiliar

Gráfico 68: Respostas à Questão 34A

Questão 34B - residencial multifamiliar

Gráfico 69: Respostas à Questão 34B

Questão 34C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 70: Respostas à Questão 34C

Questão 34D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 71: Respostas à Questão 34D

Questão 34E - comercial vertical

Gráfico 72: Respostas à Questão 34E

Questão 34F - industrial

Gráfico 73: Respostas à Questão 34F

Questão 34G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 74: Respostas à Questão 34G

Questão 35

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estruturas em madeira laminada colada conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 35A - residencial unifamiliar

Gráfico 75: Respostas à Questão 35A

Questão 35B - residencial multifamiliar

Gráfico 76: Respostas à Questão 35B

Questão 35C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 77: Respostas à Questão 35C

Questão 35D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 78: Respostas à Questão 35D

Questão 35E - comercial vertical

Gráfico 79: Respostas à Questão 35E

Questão 35F - industrial

Gráfico 80: Respostas à Questão 35F

Questão 35G: infraestrutura e obras de arte

Gráfico 81: Respostas à Questão 35G

Questão 36

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizado aço de alta resistência conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 36A - residencial unifamiliar

Gráfico 82: Respostas à Questão 36A

Questão 36B - residencial multifamiliar

Gráfico 83: Respostas à Questão 36B

Questão 36C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 84: Respostas à Questão 36C

Questão 36D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 85: Respostas à Questão 36D

Questão 36E - comercial vertical

Gráfico 86: Respostas à Questão 36E

Questão 36F - industrial

Gráfico 87: Respostas à Questão 36F

Questão 36G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 88: Respostas à Questão 36G

Questão 37

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada estrutura pré-fabricada de concreto conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 37A - residencial unifamiliar

Gráfico 89: Respostas à Questão 37A

Questão 37B - residencial multifamiliar

Gráfico 90: : Respostas à Questão 37B

Questão 37C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 91: : Respostas à Questão 37C

Questão 37D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 92: : Respostas à Questão 37D

Questão 37E - comercial vertical

Gráfico 93: : Respostas à Questão 37E

Questão 37F - industrial

Gráfico 94: : Respostas à Questão 37F

Questão 37G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 95: Respostas à Questão 37G

Questão 38

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência é utilizada cura química conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 38A - residencial unifamiliar

Gráfico 96: Respostas à Questão 38A

Questão 38B - residencial multifamiliar

Gráfico 97: Respostas à Questão 38B

Questão 38C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 98: Respostas à Questão 38C

Questão 38D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 99: Respostas à Questão 38D

Questão 38E - comercial vertical

Gráfico 100: Respostas à Questão 38E

Questão 38F - industrial

Gráfico 101: Respostas à Questão 38F

Questão 38G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 102: Respostas à Questão 38G

Questão 39

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizados concretos com cimento CPIII conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 39A - residencial unifamiliar

Gráfico 103: Respostas à Questão 39A

Questão 39B - residencial multifamiliar

Gráfico 104: Respostas à Questão 39B

Questão 39C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 105: Respostas à Questão 39C

Questão 39D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 106: Respostas à Questão 38D

Questão 39E - comercial vertical

Gráfico 107: Respostas à Questão 39E

Questão 39F - industrial

Gráfico 108: Respostas à Questão 39F

Questão 39G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 109: Respostas à Questão 39G

Questão 40

Em relação a atuação da empresa, com qual frequência são utilizadas formas e cimbramento racionalizados (metálicas, modulares, plásticas, etc.) conforme a tipologia do empreendimento?

Questão 40A - residencial unifamiliar

Gráfico 110: Respostas à Questão 40A

Questão 40B - residencial multifamiliar

Gráfico 111: Respostas à Questão 40B

Questão 40C - Comercial (pequenas lojas)

Gráfico 112: Respostas à Questão 40C

Questão 40D - comercial (grandes lojas)

Gráfico 113: Respostas à Questão 40D

Questão 40E - comercial vertical

Gráfico 114: Respostas à Questão 40E

Questão 40F - industrial

Gráfico 115: Respostas à Questão 40F

Questão 40G - infraestrutura e obras de arte

Gráfico 116: Respostas à Questão 40G

Questão 42

Em sua opinião, quando se trata da melhoria da sustentabilidade dos edifícios, quais as três abordagens que considera mais importantes?

Gráfico 117: Respostas à Questão 42

Questão 43

Um projeto estrutural adequado pode contribuir para quais delas (indicar até três cuja contribuição considere as mais relevantes)?

Gráfico 118: Respostas à Questão 43