



Production

ISSN: 0103-6513

production@editoracubo.com.br

Associação Brasileira de Engenharia de

Produção

Brasil

Pegoraro, Camila; Abreu Saurin, Tarcisio; Carísio de Paula, Istefani
Gestão de requisitos na construção civil: um estudo de caso focado nos requisitos
ambientais de um projeto urbanístico
Production, vol. 23, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 345-363
Associação Brasileira de Engenharia de Produção
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=396742052010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Gestão de requisitos na construção civil: um estudo de caso focado nos requisitos ambientais de um projeto urbanístico

Camila Pegoraro^{a*}, Tarcisio Abreu Saurin^b, Istefani Carísio de Paula^c

^a*camila_pegoraro@yahoo.com.br, UFRGS, Brasil

^bbsaurin@ufrgs.br, UFRGS, Brasil

^cistefani@producao.ufrgs.br, UFRGS, Brasil

Resumo

Este artigo apresenta diretrizes para realizar a gestão de requisitos durante o processo de projeto de ambientes construídos (PPAC). Uma versão preliminar das diretrizes foi desenvolvida a partir de uma revisão da literatura e um estudo exploratório. Tal versão foi parcialmente aplicada e refinada em um estudo de caso, no qual foram enfatizados os requisitos ambientais de um projeto urbanístico. A aplicação no estudo de caso exigiu o uso de múltiplas fontes de dados, tais como aproximadamente 12 horas de entrevistas, consulta a documentos (por exemplo, do licenciamento ambiental) e observações de reuniões relacionadas ao PPAC. As diretrizes propostas têm uma visão holística da GR, contemplando todas as suas etapas ao longo do processo de projeto, e houve a disponibilização de mecanismos que permitem controlar inevitáveis mudanças nos requisitos. Os dados coletados também possibilitaram avaliar as diretrizes em termos de sua utilidade e facilidade de uso. Dentre os resultados do estudo de caso, ficou evidenciada contribuição das diretrizes na coleta, organização e visibilidade dos requisitos ambientais, o que beneficia a tomada de decisão.

Palavras-chave

Processo de projeto. Gestão de requisitos. Requisitos ambientais. Construção civil.

1. Introdução

A gestão de requisitos (GR) no processo de projeto de ambientes construídos (PPAC), abordada em alguns estudos pelo termo *briefing* (SHEN et al., 2004), tem sido um tema de crescente interesse no meio acadêmico e profissional (HUOVILA, 2005), na medida em que ela permite articular os desejos do consumidor e as ações da equipe de desenvolvimento (BRAY, 2002), contribuindo com a geração de valor para o produto final. Estudos como os de Barros Neto e Nobre (2011) ressaltam a necessidade de formalização e uso de ferramentas adequadas na gestão do PPAC.

A GR constitui uma alternativa para superar as dificuldades ligadas à identificação, organização e controle das mudanças dos requisitos de um projeto (SOMMERVILLE, 2007). Devido a fatores como o longo tempo de desenvolvimento do PPAC e a elevada quantidade de envolvidos, os requisitos passam por

inevitáveis mudanças (SUN et al., 2005; PEKTAS; PULTAR, 2006), exigindo medidas sistemáticas de controle. Dentre essas medidas, podem ser salientadas as ferramentas para a identificação e priorização de requisitos (SHEN et al., 2004; HUOVILA; PORKKA, 2005; KAMARA; ANUMBA; EVBUOMWAN, 2002), dentre outras boas práticas para o seu gerenciamento (HUOVILA, 2005). No entanto, tais medidas não têm eficácia comprovada, por meio de estudos empíricos, para o gerenciamento dos requisitos enquanto informações dinâmicas (SUN et al., 2005), que são modificadas continuamente ao longo do PPAC.

O conceito de requisitos tem sido estudado desde a década de 1970 em pesquisas sobre o desenvolvimento de produtos manufaturados (PAHL; BEITZ, 1995). Já a GR, embora seja usada em diversos setores, é amplamente reconhecida

*PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil
Recebido 07/10/2010; Aceito 18/10/2011

por suas aplicações na engenharia de software (ES) (KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000). A perspectiva desse setor é adotada como referência neste estudo, pois ela possui certa maturidade teórica que pode inspirar o desenvolvimento da GR em outros setores, como a construção civil.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é apresentar diretrizes para realizar a GR no PPAC considerando a característica dinâmica e evolutiva dos requisitos. A aplicação de tais diretrizes é ilustrada por meio de um estudo de caso em um projeto urbanístico, enfatizando os requisitos ambientais. As razões da ênfase nos requisitos ambientais são: a) a necessidade de reduzir o escopo da GR para facilitar a aplicação completa das diretrizes e b) as crescentes demandas ambientais existentes sobre a construção civil, o que implica na necessidade de gerenciar sistematicamente os requisitos ambientais ao longo dos projetos (MOTTA; AGUILAR, 2009).

2. Gestão de requisitos (GR)

2.1. Definições de conceitos-chave associados à GR

Inicialmente, cabe definir o conceito de clientes, visto que os requisitos a serem gerenciados são provenientes de algum tipo de cliente. Neste estudo, é adotada a definição proposta por Whiteley (1992), para quem os clientes são todas aquelas partes para as quais o projeto agrega valor, sejam elas externas (por exemplo, usuário final, sociedade, profissionais terceirizados) ou internas à organização (por exemplo, projetistas, orçamentistas).

Outro conceito importante a ser definido é o de demanda. Neste trabalho, as demandas são interpretadas como as necessidades e desejos emitidos pelos clientes em sua linguagem natural, que poderão dar origem aos requisitos. Os requisitos, por sua vez, são funcionalidades que o produto, ou o serviço, deve possuir para satisfazer as demandas dos clientes, devendo ser mensuráveis, inteligíveis, exequíveis, testáveis, rastreáveis e exclusivos, podendo ser limitados por restrições (PARVIAINEN; TIHINEN; VAN SOLINGEN, 2005; KOTONYA; SOMMERVILLE, 2000; YOUNG, 2003). Já o termo soluções de projeto corresponde às soluções funcionais que descrevem como os requisitos serão atendidos ou materializados (BRAY, 2002).

2.2. Etapas da GR segundo a engenharia de software

A GR possui quatro etapas (identificação, análise e priorização, especificação e validação) que se repetem ciclicamente durante o projeto (Figura 1)

(SOMMERVILLE, 2007). A primeira etapa, identificação de requisitos, consiste na execução de atividades de coleta e organização de informações acerca do projeto, principalmente as demandas dos clientes, bem como a posterior transformação das demandas em requisitos (BRAY, 2002; SOMMERVILLE, 2007). Um pressuposto para a execução dessa etapa é a identificação de todos os clientes a serem atendidos pelo projeto (BRAY, 2002). Dentre os mecanismos úteis para realizar a identificação de informações, podem ser salientados: entrevistas, questionários, *brainstorming*, análise documental, *workshops* e observação (BRAY, 2002).

Na segunda etapa, análise e priorização dos requisitos, estes são examinados em profundidade e é avaliada a sua importância no projeto (SOMMERVILLE, 2007). Nessa etapa, é comum que sejam identificados requisitos conflitantes (BRAY, 2002), especialmente em projetos com muitos clientes, como é o caso típico do PPAC (SHEN et al., 2004). É necessário identificar o conjunto de requisitos que resulte em um produto final com maior valor agregado e que privilegie os clientes mais relevantes (HUOVILA, 2005).

Durante a terceira etapa, especificação, os requisitos devem ser vinculados às soluções de projeto pertinentes (BRAY, 2002). Contudo, os requisitos não devem ser solucionados prematuramente, sob o risco de provocarem retrabalhos (YOUNG, 2003). Por fim, na quarta etapa, a de validação, são realizados testes para identificar e corrigir problemas nas etapas anteriores (SOMMERVILLE, 2007). Esses testes podem ser realizados, por exemplo, no caso da construção civil, por meio de revisões, maquetes físicas ou eletrônicas.

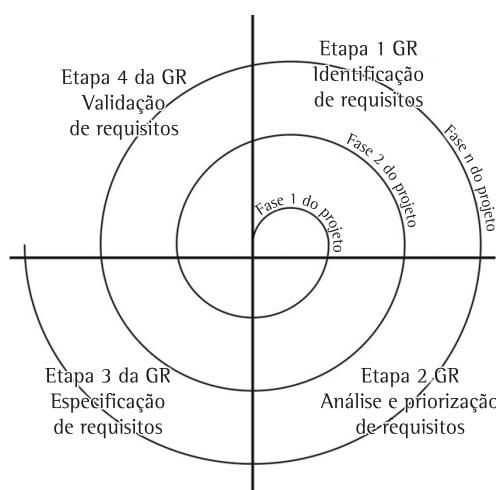


Figura 1. Modelo em espiral das etapas da GR. Fonte: adaptado de Sommerville (2007).

2.3. Requisitos ambientais no PPAC

Desde as primeiras evoluções importantes na indústria da construção na direção do desenvolvimento sustentável, notadamente iniciadas durante a ECO 92 (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003), o subsetor de edificações tem enfrentado crescentes demandas ambientais. Em particular, salientam-se as da sociedade, expressas por leis, como a Resolução Conama nº. 307 (BRASIL, 2002) e normas, como a NBR ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), assim como demandas dos diferentes tipos de clientes (finais, internos e intermediários).

Os usuários dos produtos da construção civil, assim como ocorre em outras indústrias, normalmente não têm plena consciência das demandas ambientais que poderiam ser atendidas nos projetos dos ambientes construídos (KEHL, 2008). Assim, a iniciativa pelo atendimento dessas demandas cabe frequentemente aos projetistas responsáveis pela concepção do empreendimento, seja voluntariamente ou por força da legislação. Nesse sentido, os sistemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios, como o *Leadership in Energy and Environment Design* – LEED® (UNITED..., 2009), o *Haute Qualité Environnementale* (ASSOCIATION..., 2010) e o *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* – CASBEE (INSTITUTE..., 2009), têm colaborado com a disseminação de novos paradigmas de projeto (COLE, 2005). Esses sistemas constituem ricas fontes de informações para a identificação de demandas ambientais, soluções de projeto e indicadores de desempenho (COLE, 2005). Contudo, esse potencial de informações tende a ser subutilizado se a gestão dos requisitos ambientais (GRA) não for sistematizada.

3. Método de pesquisa

3.1. Visão geral do método de pesquisa

As diretrizes foram desenvolvidas por três pesquisadores, um deles com formação em arquitetura e dois com formação em engenharia de produção, com base em uma revisão bibliográfica sobre três temas (gestão de requisitos, processo de projeto de ambientes construídos e requisitos ambientais), um estudo exploratório e um estudo de caso. A pesquisa foi desenvolvida ao longo de 18 meses, dos quais dois foram despendidos no estudo exploratório e quatro no estudo de caso. O estudo exploratório teve como objetivos familiarizar a equipe de pesquisadores com o tema gestão de requisitos em um contexto real, assim como investigar a possibilidade de

aplicação das práticas de gestão de requisitos da engenharia de software no processo de projeto de ambientes construídos. Depois disso, desenvolveu-se uma proposta preliminar das diretrizes, a qual foi parcialmente aplicada e refinada em um estudo de caso. Ao final, as diretrizes foram avaliadas segundo critérios conceituais, práticos e metodológicos.

As diretrizes foram concebidas sob três princípios norteadores: a) elas não deveriam estar vinculadas a modelos específicos de PPAC, tendo em vista maior possibilidade de generalização; b) elas assumiriam que as atividades da GR se repetem cicличamente e de modo oportunista ao longo das fases do PPAC; e c) elas englobariam as quatro etapas da GR (Figura 1).

3.2. Fontes de dados para elaboração da versão preliminar das diretrizes

3.2.1. Estudo exploratório sobre a aplicação de práticas de gestão de requisitos no processo de projeto de ambientes construídos, segundo conceitos da engenharia de software

O estudo exploratório foi realizado em uma empresa construtora e incorporadora de grande porte sediada em uma capital na região Sul, a qual foi chamada nesta pesquisa de empresa Sigma. A empresa foi escolhida por contar com um PPAC documentado e uma equipe de gestores interessada em conhecer e aplicar práticas de GR.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas, as quais foram gravadas e transcritas para posterior análise. Os entrevistados foram escolhidos em função do seu envolvimento no gerenciamento dos projetos, quais sejam: a gerente de produto; a gerente de projetos das especialidades (hidrossanitário e elétrico, por exemplo) e a gerente de planejamento de obras. Em uma primeira rodada de entrevistas com cada profissional, foram identificadas informações sobre a empresa e seus empreendimentos. Na segunda rodada de entrevistas, novamente uma com cada profissional, foram identificadas as práticas de GR usadas por eles, avaliando qualitativamente a compatibilidade destas com boas práticas de GR apontadas na literatura. Essas entrevistas também permitiram identificar conhecimentos tácitos que poderiam ser incorporados às diretrizes de GR.

3.2.2. Entrevistas com especialistas

Para elaborar a proposta preliminar das diretrizes, ainda foram entrevistados quatro especialistas: um pesquisador e professor universitário que desenvolve

estudos sobre a GR no desenvolvimento de produtos sustentáveis; um gerente de projetos que trabalha com a GR de projetos de *softwares*; dois engenheiros civis com experiência de mais de dez anos na gestão do PPAC. Essas entrevistas foram semiestruturadas e tinham por objetivo identificar dificuldades e boas práticas de GR.

3.3. Aplicação parcial e refinamento das diretrizes a partir de um estudo de caso

Devido ao grande porte e complexidade do empreendimento analisado no estudo de caso, foi necessário reduzir o escopo da pesquisa a um determinado grupo de requisitos. A redução de escopo levou em conta o princípio de que, apesar de as diretrizes serem possivelmente aplicáveis a qualquer tipo de requisito (ambientais, técnicos, estéticos, por exemplo), existem peculiaridades intrínsecas na gestão de cada um desses tipos. Nesse caso, optou-se por enfatizar os requisitos ambientais devido às razões já citadas na introdução deste artigo.

O objeto do estudo de caso foi o projeto urbanístico de um condomínio para casas de alto padrão. O empreendimento estava na fase de anteprojeto e foi idealizado pela empresa Alfa, nome adotado para esta pesquisa, a qual apresenta uma orientação ambientalmente sustentável explícita no seu planejamento estratégico (PE) e possui processos certificados pela NBR ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO..., 2004). Essas características justificaram a escolha da empresa, pois era fundamental que o empreendimento tivesse requisitos ambientais não triviais a serem considerados. De fato, parte do terreno do empreendimento abrange uma área de preservação legalmente protegida de intervenções que causem impactos ambientais negativos. Essa condição trouxe ao projeto requisitos ambientais mais rigorosos do que aqueles comuns em áreas previamente urbanizadas.

Durante a fase de aprovação do projeto nos órgãos governamentais, a empresa Alfa necessitou de um parceiro, a empresa Delta, construtora líder em empreendimentos de alto padrão na região e certificada pela NBR ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO..., 2008) e pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H^{*}). A empresa Delta teve um papel importante no gerenciamento do projeto, pois atividades como as do licenciamento ambiental, de incorporação e de coordenação dos projetistas envolvidos passaram a ser sua responsabilidade.

* Programa coordenado pelo governo federal, cuja meta é melhorar a qualidade do habitat e trazer modernização produtiva ao setor da construção. Um dos projetos do PBQP-H é o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC), cujo objetivo é avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade de empresas de serviços e obras, dentre elas as construtoras, baseando-se na série de normas ISO 9000 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011).

Durante os quatro meses do estudo de caso, a pesquisadora com formação em arquitetura, supervisionada pelos dois outros pesquisadores, realizou as ações práticas para aplicação das diretrizes utilizando três tipos de fontes de dados: entrevistas, análise documental e reuniões (Tabela 1). Vale salientar que nenhuma dessas ações exigia mudança nas rotinas organizacionais da empresa Delta, o que tornou possível sua execução por um membro externo à empresa. Os profissionais abordados nas entrevistas e reuniões foram escolhidos devido à sua participação em atividades que tinham claro impacto ambiental no PPAC.

Todas as entrevistas e participações em reuniões foram gravadas e transcritas para posterior análise. Já a análise documental foi um importante complemento às demais fontes, pois permitiu a identificação de novas demandas ambientais e da estrutura prescrita do PPAC. Dentro os documentos, aqueles do licenciamento ambiental foram especialmente importantes para a identificação das demandas ambientais, visto que muitas delas tinham origem em exigências da legislação. A análise documental também permitiu que os pesquisadores compreendessem a evolução histórica do projeto a partir de registros de fases já concluídas.

3.4. Avaliação das diretrizes

Após o estudo de caso, as diretrizes foram avaliadas segundo três critérios: i) utilidade; ii) facilidade de uso; e iii) identificação de particularidades da GRA. Por sua vez, cada um desses critérios foi desagregado em subcritérios, conforme Quadro 1.

4. Diretrizes propostas

As diretrizes são constituídas por quatro condicionantes organizacionais e nove atividades, as quais podem ser utilizadas para a gestão de quaisquer tipos de requisitos, que não somente os ambientais. As condicionantes são pré-requisitos que devem ser atendidos antes de iniciar o empreendimento, pois estão associadas à organização das empresas que o promovem. Já as atividades são desdobramentos das quatro etapas do ciclo da GR, e devem ser realizadas cicличamente em cada fase do PPAC, conforme sugere Sommerville (2007) (ver Figura 1). As diretrizes estão resumidas no Quadro 2, a qual foi estruturada a partir da técnica 5W1H (*what, why, when, where, who e how*), a fim de melhor organizar as informações. Nesse caso, a pergunta relativa ao local físico de execução da atividade (*where*) foi suprimida, uma vez que ela não foi considerada relevante para o contexto de aplicação do 5W1H.

Tabela 1. Descrição das fontes de dados utilizadas no estudo de caso.

	Fontes de dados	Objetivos	Tempo despendido
	E1 - Gerente do projeto e coordenador de projetos complementares	Identificar informações sobre a empresa, seu PE e a estrutura do PPAC em estudo	1,5 horas
	E2 - Gerente do projeto e coordenador de projetos complementares	Identificar as demandas ambientais gerais do projeto	1,5 horas
	E3 - Gerente do projeto e coordenador de projetos complementares	Revisar os requisitos ambientais identificados, tendo como apoio a lista de requisitos ambientais elaborada por Pegoraro (2010, p. 126)	2 horas
Entrevistas (E)	E4 - Gerente de incorporação, E5 - Gerente de marketing, E6 - Engenheiros responsáveis pelo licenciamento ambiental, A7 - Paisagista,	Identificar as demandas ambientais específicas de alguns dos principais envolvidos no projeto	45 minutos cada
	E8 - Gerente de incorporação, E9 - Gerente de marketing, E10 - Engenheiros responsáveis pelo licenciamento ambiental, E11 - Paisagista, E12 -Gerente do projeto	(i) Aprofundar a compreensão das demandas identificadas na primeira rodada de entrevistas e (ii) investigar como os entrevistados poderiam executar as atividades previstas pelas diretrizes de GR, incluindo a aplicação de boas práticas	45 minutos cada
Subtotal de entrevistas			11,75 horas
Análise documental	Documentos do PE	Investigar informações sobre as empresas responsáveis pelo empreendimento para complementar informações emitidas pelos entrevistados	4 horas
	Conteúdo dos websites das empresas		3 horas
	Plantas do projeto	Investigar informações sobre as demandas ambientais envolvidas no projeto para complementar as informações emitidas pelos entrevistados	10 horas
	Documentos do licenciamento ambiental		30 horas
Subtotal de entrevistas			47 horas
Reuniões (R)	R1 - Reunião com o gerente do projeto	Detalhar os requisitos ambientais identificados e analisar a proposta de organização gráfica dos mesmos	2 horas
	R2 - Reunião com o gerente do projeto	Validar a estruturação gráfica dos requisitos ambientais e priorizar os requisitos ambientais estratégicos, com base na técnica denominada <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	1 hora
	R3 - Reunião com o diretor de engenharia		1 hora
	R4 - Reunião com o gerente do projeto	Avaliar as diretrizes propostas	1 hora
	R5 - Reunião com o diretor de engenharia		1 hora
Subtotal de entrevistas			6 horas
Total			64,75 horas

Quadro 1. Critérios e subcritérios para a avaliação das diretrizes.

Critérios	Subcritérios	Fontes de dados para avaliação
Utilidade	Contribuição na geração de valor Contribuição no controle das mudanças Contribuição na tomada de decisão	Entrevista E8 a A12 e reuniões R2 a R5
Facilidade de uso	Integração às atividades preexistentes	Entrevista E8 a A12 e reuniões R2 a R5
Particularidades da GRA	Prioridade que os requisitos ambientais têm, ou não, sobre os demais Número de profissionais envolvidos no seu atendimento Frequência com que os requisitos ambientais apresentam mudanças Necessidade de capacitação específica Necessidade de técnicas construtivas específicas	Entrevista E2, e E8 a E12, reuniões R1 a R5, e análise documental

O oportunismo é uma característica do PPAC e reflete o caráter dinâmico e incerto do mesmo. Por isso, as atividades da GR não precisam, necessariamente, ser realizadas na sequência apresentada. Algumas atividades podem, por exemplo, ser repetidas em maior número do que outras, ou suprimidas, em

função das características e oportunidades detectadas ao longo de cada projeto.

Também é importante observar que cada fase do PPAC possui particularidades, e, apesar das atividades da GR terem sempre a mesma função, a sua realização pode variar em cada fase do PPAC. Isso se aplica ao uso de ferramentas e na escolha das fontes de

Quadro 2. Diretrizes para a gestão de requisitos no PPAC.

Quando fazer (When)?	O que fazer (What)?	Por que fazer (Why)?	Como fazer (How)? (exemplos de boas práticas)	Quem deve fazer (Who)? (responsáveis)
Condicionantes organizacionais para a realização da GR	Antes da abertura do projeto	(C1) Formalizar o planejamento estratégico (PE)	Os objetivos estratégicos da empresa precisam estar formalizados e compreendidos pelos colaboradores, para que sirvam de orientação na GR dos projetos.	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar a missão, a visão e os objetivos estratégicos da organização e de suas unidades de negócio. - Estabelecer metas claras e possíveis <ul style="list-style-type: none"> - Desagregar os objetivos, especificando-os para as diversas áreas envolvidas nos projetos (arquitetura, instalações, estrutura, incorporação, obra etc.). - Revisar o PE periodicamente.
		(C2) Estruturar o PPAC	O planejamento das principais atividades, envolvidos, entradas e saídas de cada uma das fases do PPAC contribui para a eficiência das atividades da GR, uma vez que se tornam mais fáceis o entendimento e o controle sobre o mesmo.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar um modelo de referência de PPAC. - Atualizar o modelo de PPAC ao longo do desenvolvimento do projeto (se surgirem novos envolvidos, por exemplo, estes devem ser incluídos nos documentos).
		(C3) Comprometer a alta direção	O comprometimento da direção para com a realização da GR é o primeiro passo para a implantação de uma cultura organizacional preocupada com o atendimento dos requisitos. Promove o comprometimento dos demais envolvidos.	<ul style="list-style-type: none"> - Empreender projetos que tenham requisitos alinhados aos objetivos da empresa - Disponibilizar recursos para realizar a GR (softwares e pessoal capacitado, por exemplo).
		(C4) Conscientizar todos os envolvidos acerca da relevância da GR, para o projeto e para a empresa	Facilita a promoção e implantação de uma cultura organizacional preocupada com a GR, favorece o trabalho colaborativo e o comprometimento com os requisitos dos projetos.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar capacitações periódicas sobre a GR do PPAC. - Disseminar continuamente as metas da empresa, expressas no PE, pois elas orientam a GR.
Atividades para identificação de requisitos – Etapa 1 da GR	Em cada fase do processo de projeto	(A1) Coletar informações sobre o PPAC	A coleta de informações a partir dos diferentes clientes é o primeiro passo para a geração de valor. Permite a captação contínua e organizada das informações de todos os clientes envolvidos (internos, intermediários e finais) no projeto.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir o escopo das informações a serem levantadas em cada fase do PPAC. - Consultar todos os clientes envolvidos em cada fase do PPAC para compreender suas necessidades, desejos e restrições. - Utilizar fontes de coleta de dados adequadas para cada fase do projeto (Apêndice A). - Utilizar mais de um tipo de fonte de dados para triangulação. - Manter uma base de dados com recomendações de requisitos, a exemplo da lista de recomendações de Pegoraro (2010) para requisitos ambientais. - Utilizar planilhas para registro e codificação das demandas identificadas.
		(A2) Classificar e tratar as informações levantadas	Evita entrada de informações de má qualidade no projeto (pouco claras, repetidas, ambíguas, por exemplo).	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar, agrupar, melhorar o texto das informações (CLAUSING, 1994; CREVELING, SLUTKSI e ANTIS, 2003). <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar planilhas e codificar as informações, a fim de possibilitar o rastreamento das informações até sua origem.
		(A3) Transformar as informações coletadas em requisitos	Possibilita a identificação dos requisitos do projeto, partir dos diferentes tipos de informação coletadas previamente.	<ul style="list-style-type: none"> - Os requisitos devem ser escritos utilizando o verbo “dever”, expressando claramente quem deve fazer o quê (YOUNG, 2003; KAMARA; ANUMBA; EVBUOWMAN, 2002). - Utilizar planilhas e codificar as informações para não perder o rastreamento até as fontes de origem dos requisitos.

Quadro 2. Continuação...

Quando fazer (When)?	O que fazer (What)?	Por que fazer (Why)?	Como fazer (How)? (exemplos de boas práticas)	Quem deve fazer (Who)? (responsáveis)
Atividades para Análise e Priorização de requisitos – Etapa 2 da GR	Em cada fase do processo de projeto	(A4) Detalhar os requisitos	Para o pleno atendimento dos requisitos é necessário atribuir informações mais detalhadas sobre os mesmos, como indicadores, valores-meta, além de apontar as situações de conflito ou dependência de outros requisitos.	- Preencher o maior número de campos possíveis do documento de requisitos (vide Tabela 2). - Buscar fontes confiáveis para definir indicadores, valores-meta etc. - Contar com equipe multidisciplinar para execução desta atividade.
		(A5) Verificar a qualidade dos requisitos	Os requisitos com qualidade insuficiente são excluídos ou revisados.	- Utilizar o <i>checklist</i> proposto por Marx (2009, p 74).
		(A6) Estruturar graficamente os requisitos e analisar conflitos e dependências	A estruturação dos requisitos em formato gráfico permite a visualização do desdobramento e relações (conflito, dependência) entre requisitos, o que facilita a compreensão e o controle do projeto.	- Estabelecer previamente quais os critérios para a estruturação (por fase, por tipo de cliente, por subprojeto, por exemplo). - Incluir as soluções de projeto na estruturação, pois elas podem gerar requisitos. - Manter versões da estrutura em cada ciclo da GR para <i>backup</i> e avaliação da evolução do projeto.
		(A7) Priorizar os requisitos	Serve de apoio na tomada de decisão, diante de conflitos entre requisitos de uma mesma ou de diferentes categorias.	- Utilizar ferramentas adequadas a cada fase. Por exemplo: AHP, <i>Multi Attribute Utility Theory</i> (MAUT) e <i>Measuring Attractiveness by a Category Based Evolution Technique</i> (MACBETH). - Indicar grau de flexibilidade do atendimento dos requisitos em uma escala de 0 (inflexível) a 3 (muito flexível) (SHEN et al., 2004). A flexibilidade determina o quanto negociável é o requisito. - Realizar reuniões multidisciplinares a cada ciclo da GR.
Atividade de Solução dos requisitos – Etapa 3 da GR	Em cada fase do processo de projeto	(A8) Definir soluções de projeto para os requisitos	Define como os requisitos serão atendidos através da escolha de adequadas soluções funcionais.	- Pesquisar soluções de projeto que agreguem maior valor ao produto, do ponto de vista dos clientes finais, internos e intermediários. - Avaliar o impacto de uma solução de projeto nos demais requisitos. - Contar com equipe multidisciplinar para execução dessa atividade.
Atividades de Validação dos requisitos e das soluções de projeto – Etapa 4 da GR	Em cada fase do processo de projeto	(A9) Validar os requisitos e as soluções de projeto	Revisar todas as atividades anteriores (ex.: se os requisitos foram corretamente detalhados, priorizados, especificados).	- Utilizar <i>checklists</i> , fazer maquete física ou eletrônica, revisar documentos.

dados e boas práticas. As fontes de dados para a coleta de informações da atividade A1 da gestão de requisitos nas fases iniciais do PPAC, por exemplo, podem ser documentos do PE, dados das avaliações pós-ocupação (APO) e pesquisas de mercado. Já na fase de anteprojeto, devem ser consultados os diversos especialistas envolvidos com os projetos das especialidades e fornecedores, dentre outros.

Uma atividade a destacar é a de estruturação gráfica dos requisitos (atividade A6). A partir do

objetivo principal da empresa, a cada fase do PPAC os requisitos do projeto, e suas soluções, são representados graficamente, conforme estrutura exemplificada na Figura 2. Essa representação deve ser continuamente atualizada durante o PPAC, iniciando já nas suas primeiras fases, quando os requisitos mais gerais resultantes das orientações estratégicas surgem, prosseguindo até o final do projeto, quando os requisitos mais específicos terão sido identificados. Na medida em que novos requisitos surgem, são

eliminados ou alterados, a estrutura gráfica se modifica, pois ela deve ser atualizada a cada mudança para manter a equipe de projeto informada.

Outro ponto relevante a ser observado é que os responsáveis pela realização da GR podem variar de acordo com o porte e natureza do projeto, com a experiência dos profissionais envolvidos e características da empresa, dentre outros fatores. Por exemplo, em um projeto muito complexo, pode existir um gerente específico para realizar a GR. Já em um projeto simples, um dos projetistas, como o arquiteto, pode fazê-lo.

As diretrizes propostas devem ser aplicadas conforme os passos ilustrados na Figura 3. Após definidos os responsáveis, verificadas as condicionantes organizacionais e realizadas as atividades da GR, todo o processo pode ser avaliado com base nos critérios propostos na seção 3.4 deste artigo. A realização das atividades do ciclo da GR poderia se estender por todo o ciclo de vida do ambiente construído (concepção, construção, manutenção, reforma, demolição e descontinuação). No entanto, como esse ciclo de vida tende a ser muito longo, a avaliação (passo 4) pode ser realizada em um momento a ser determinado pela empresa, como na entrega do empreendimento, no fechamento dos contratos com os envolvidos ou após a realização da APO.

5. Aplicação das diretrizes

5.1. Definição e capacitação dos responsáveis pela GRA

Conforme comentado no item 3.3, não houve intervenção dos pesquisadores nas atividades de rotina da empresa pesquisada. A pesquisadora arquiteta, citada anteriormente, coletou os dados e simulou a

aplicação das diretrizes, tendo o gerente do projeto como principal colaborador interno à empresa. Caso as diretrizes viessem a ser aplicadas com uma equipe própria da empresa, o gerente de projeto julgou necessária a capacitação de pessoal.

5.2. Verificação das condicionantes organizacionais para a GR

Através da entrevista E1 (Tabela 1) e da análise de documentos do planejamento estratégico, foi evidenciado o atendimento da primeira condicionante organizacional (C1). O planejamento estratégico da empresa Alfa, responsável pela concepção do empreendimento, apresentava os objetivos a serem atingidos pela empresa nos aspectos ambiental, social e econômico. No âmbito ambiental, existiam três diretrizes norteadoras de todos os empreendimentos: promover a conscientização ambiental de todas as partes envolvidas; reduzir os impactos negativos provenientes da construção e do uso de edifício; ir além do cumprimento das leis, regulamentações e normas técnicas.

Em relação à segunda condicionante organizacional (C2), ainda durante a entrevista E1, verificou-se que o PPAC não estava detalhado suficientemente. Havia um documento que apresentava as fases do PPAC, com as respectivas atividades, mas não estavam claras as entradas e saídas de cada uma delas, nem os envolvidos. Para atender a essa condicionante, o PPAC foi detalhado. Inicialmente, os pesquisadores, com base nas informações coletadas acerca do empreendimento durante a entrevista E1, desenvolveram uma versão inicial do PPAC reformulado. Essa versão foi entregue ao gerente do projeto e sua equipe, os quais foram solicitados a complementá-la com as seguintes

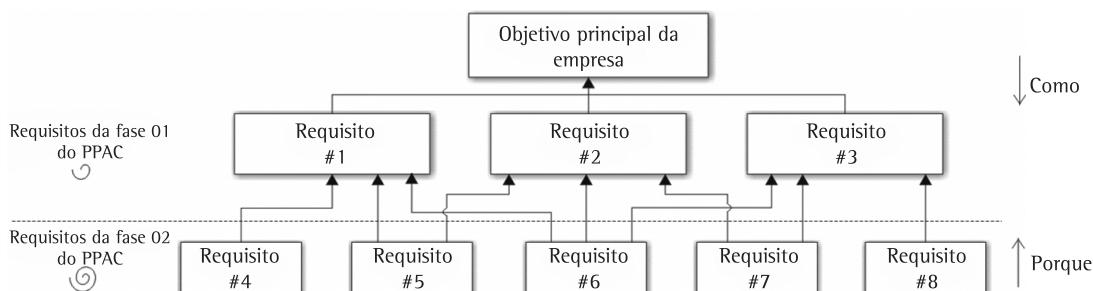


Figura 2. Exemplo de estruturação gráfica de requisitos.

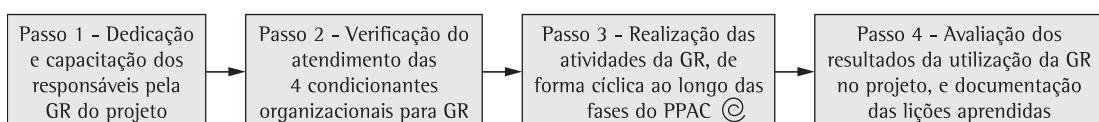


Figura 3. Passos para aplicação das diretrizes.

informações: descrição das partes envolvidas, principais atividades, entradas e saídas de cada fase. Como resultado, obteve-se a estrutura sintetizada na Figura 4, na qual também podem ser verificados os principais marcos do empreendimento ligados ao licenciamento ambiental.

Em relação às outras duas condicionantes organizacionais, o comprometimento da alta direção (C3) e a conscientização dos envolvidos (C4), as entrevistas indicaram que os envolvidos no projeto estavam conscientes dos requisitos ambientais. Uma evidência disso é a substancial quantidade desses requisitos citados nas entrevistas. A conscientização é realizada através de treinamentos periódicos que reiteram e disseminam a importância das metas ambientais para a empresa e para a sociedade. Diretores, gerentes e coordenadores recebem capacitação mais aprofundada, visto que são as pessoas que tomam as decisões mais importantes e também as que orientam e supervisionam os demais colaboradores. Durante todas as entrevistas, foi notório o conhecimento dos entrevistados acerca das políticas ambientais da empresa e sobre conceitos e práticas ambientalmente adequadas. Esse comprometimento trouxe requisitos, por vezes mais restritivos, e soluções de projeto mais rigorosas do que as exigidas pelos órgãos governamentais.

5.3. Realização das atividades da GR

5.3.1. Atividade 1 - Coleta de informações sobre o PPAC relevantes para a GRA

Os profissionais entrevistados no estudo de caso (Tabela 1) contribuíram com diferentes informações, de acordo com suas funções. O gerente de projeto, por exemplo, contribuiu com informações sobre os objetivos do projeto e sobre os dificultadores para implantar os conceitos de gestão ambiental no empreendimento. O gerente de incorporação fez contribuições em relação às demandas ambientais

estratégicas da empresa durante a concepção do empreendimento. A gerente de *marketing* contribuiu com uma visão sobre as demandas ambientais do mercado local. A paisagista proporcionou informações sobre demandas ligadas à redução dos impactos do empreendimento na fauna, flora e solo. Já os responsáveis pelo licenciamento ambiental contribuíram com informações sobre impactos ambientais e sobre questões legais e burocráticas envolvidas nesse processo.

Documentos como o programa de necessidades do projeto e versões antigas do licenciamento ambiental foram importantes por apontar demandas, requisitos e soluções de projeto que estavam presentes desde as primeiras fases do PPAC. Por outro lado, ao longo das entrevistas, foram identificadas informações que, apesar de importantes, não estavam documentadas por serem consideradas óbvias, ou por serem ainda ideias em processo de formação. Essas últimas são exemplos de informações que não podem ser excluídas da documentação, uma vez que, mesmo ainda não representando requisitos claros, podem vir a originá-los ao longo da evolução do projeto. Idealmente, todas as informações do PPAC a serem consideradas na GR devem ter um documento fonte, o qual pode ser um documento, o resultado de uma pesquisa de mercado, a ata de uma reunião, um desenho, uma imagem, entre outros. No entanto, como, na prática, alguns podem surgir de modo informal, é importante encontrar meios de formalização da origem, que pode ser, por exemplo, uma pessoa. As planilhas das atividades A2, A3 e A4 são sugestões de ferramentas para fazer a documentação.

5.3.2. Atividade 2 - Classificação e tratamento das informações levantadas

As informações relevantes foram registradas na planilha de entrada de informações (Quadro 3), que incluía campos para possibilitar o rastreamento delas, tais como o número do documento de origem, a data de identificação, o conteúdo relevante e a

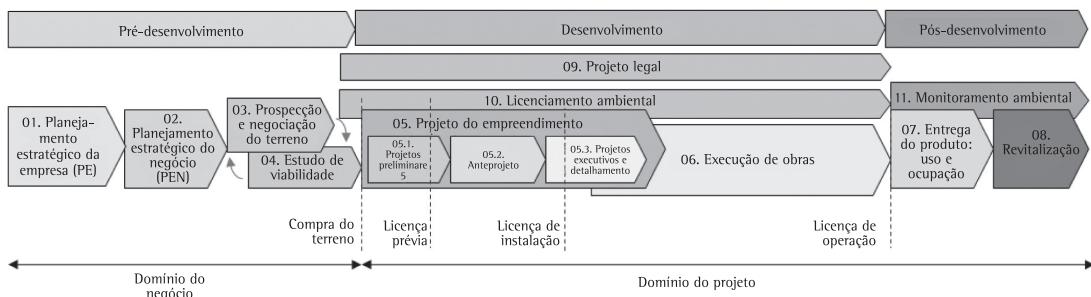


Figura 4. Síntese do mapeamento do PPAC do estudo de caso.

denominação dos clientes que emitiram a demanda/requisito/solução. O rastreamento é importante por permitir a verificação da origem e do impacto de mudanças nos requisitos.

As colunas de demandas, requisitos e soluções de projeto servem para classificação e desdobramento do conteúdo relevante, na atividade seguinte da GR. Devido ao estágio avançado do empreendimento, algumas informações já foram encontradas no formato de requisitos e soluções de projeto. Vale salientar que algumas informações, embora não tenham sido expressas exatamente da mesma forma em diferentes entrevistas e documentos, foram compiladas em uma única informação, em função da similaridade. Esse procedimento está alinhado à recomendação de que os requisitos devem ser mutuamente exclusivos (YOUNG, 2003).

5.3.3. Atividade 3 - Transformação das informações coletadas em requisitos ambientais

As informações coletadas devem ser transcritas no formato de requisitos, utilizando a planilha do Quadro 3.

Contudo, dentre as informações identificadas na etapa anterior, 12% já estavam no formato de requisitos e 52% no formato de soluções de projeto. Após a realização da atividade 3, foram elencados 72 requisitos ambientais, distribuídos conforme a Figura 5.

Quadro 3. Exemplo de preenchimento da planilha de entrada.

Planilha de entrada										
Projeto: Empreendimento A			Versão: A	Data: 15/9/2009	Responsável: Pesquisador A					
Nº do doc.	Data	Quem identificou	Conteúdo relevante	Clientes solicitantes	Demandas identificadas	Requisitos	Soluções de Projeto	Restrições ou riscos	Observações	
01	10	23/7/09	Pesquisador A	A nossa ideia é trazer muito do visual da vegetação para dentro do empreendimento, então, por exemplo, nas praças, a ideia é tentar recriar o mesmo ambiente que eu tenho no entorno.	Paisagista	Reproduzir, através do plantio de vegetação em praças e áreas verdes comuns, o ambiente natural da região.	10.1 As espécies vegetais das áreas comuns devem ser nativas. 10.2 As espécies vegetais das áreas comuns devem ter porte similar às existentes no entorno.			
03	06	28/7/09	Pesquisador A	Nós só transplantamos as árvores de preservação obrigatória em última instância.	Diretoria	Transplantar árvores de preservação obrigatória somente em última instância.				

Os 46 requisitos identificados nas entrevistas (30 + 16) estavam distribuídos conforme a Figura 6. Dentre eles, 89% foram citados por mais de um entrevistado. Isso demonstra que tais requisitos possuem características multidisciplinares, pois dependem de mais de um profissional para serem atendidos. Percebeu-se também a grande quantidade de requisitos legais, os quais representaram 91% do total de requisitos ambientais, devido ao porte e localização do empreendimento, além do comprometimento da empresa Alfa em atender à legislação.

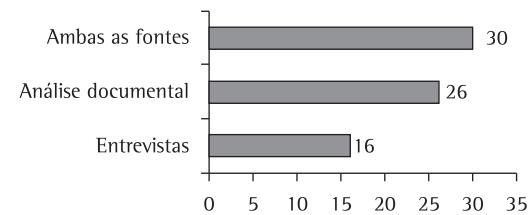


Figura 5. Número de requisitos ambientais provenientes de cada fonte de dados.

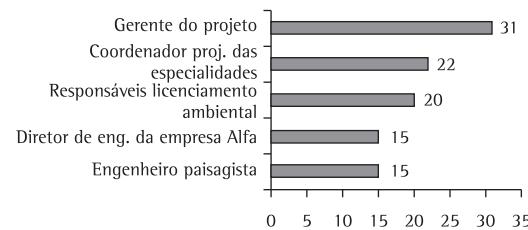


Figura 6. Número de requisitos ambientais provenientes de cada entrevistado.

5.3.4. Atividade 4 - Detalhamento dos requisitos ambientais

Nessa atividade, os requisitos ambientais documentados na planilha de entrada de informações (Quadro 3) foram detalhados em uma segunda planilha, denominada documento de requisitos (Tabela 2). Dentre as informações de tal planilha estão:

- Código do requisito: o número anterior ao ponto representa o código do documento de origem do requisito, o número posterior indica o número do requisito;
- Solução antecedente: campo preenchido quando o requisito é originário da solução de outro requisito mais global. Por exemplo, quando foi definida a solução S06.3, ela deu origem a outros requisitos mais específicos (como o 12.16 da Tabela 2). Esse rastreamento é fundamental na ocorrência de mudanças no projeto, pois, uma vez que uma solução de projeto é alterada, todos os requisitos ligados a ela tendem a sofrer modificações;
- Soluções: campo preenchido com a solução de projeto a ser adotada para o atendimento do requisito. O texto deve ser acompanhado do código do requisito atendido, precedido pela letra S. Essa coluna deve ser completada durante a atividade A8 (definição de soluções de projeto para os requisitos), embora, na prática, a solução possa ser definida anteriormente;
- Responsáveis: são os profissionais que devem desenvolver as soluções de projeto para o atendimento do requisito;
- Fase em que surgiu: indica a fase do PPAC na qual o requisito, provavelmente, surgiu;
- Fase em que deve ser inicialmente considerado: fase do PPAC na qual os requisitos identificados foram, de fato, considerados e foram buscadas suas soluções. A diferenciação dessa coluna para a anterior foi importante no caso dos requisitos prematuros. Desde o planejamento estratégico do negócio, por exemplo, foi identificado um requisito enunciando que não deveriam ser usadas telhas de fibrocimento nas instalações provisórias. No entanto, esse requisito só foi considerado, de fato, durante os estudos preliminares;
- Valor-alvo: metas a serem atingidas pelos indicadores. Os requisitos provenientes de leis e os definidos para o atendimento das metas da NBR ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO, 2004) já possuíam indicadores e valores-alvo associados. Idealmente, todos os requisitos de um projeto devem ser mensuráveis (YOUNG, 2003); e
- Peso e flexibilidade: expressam o quanto relevante e o quanto flexível é o requisito para o projeto. Essas colunas devem ser preenchidas na atividade de priorização dos requisitos.

Diante da falta de tempo dos especialistas envolvidos no projeto em realizar reuniões para preencher a planilha da Tabela 2, o detalhamento foi realizado pelos pesquisadores, em conjunto com o gerente do projeto.

5.3.5. Atividade 5 - Verificação da qualidade dos requisitos ambientais

Ao verificar as características de qualidade dos requisitos ambientais por meio do *checklist* proposto por Marx (2009, p. 74), alguns deles foram reescritos, conforme Quadro 4, com a finalidade de torná-los mais precisos.

Essa verificação foi importante, pois requisitos desnecessários (como os que constavam nos documentos iniciais do projeto e foram, posteriormente, descartados) foram retirados do documento de requisitos (Tabela 2). Contudo, eles foram mantidos na planilha de entrada de informações (Quadro 3) pois ela é importante para manter o histórico do projeto. Além disso, os requisitos prematuros puderam ser mais claramente identificados e sinalizados na coluna “fase em que deve ser inicialmente considerado” da Tabela 2.

5.3.6. Atividade 6 - Estruturação gráfica dos requisitos ambientais e análise de conflitos e dependências

Para realizar a estruturação gráfica dos requisitos ambientais, foi necessário investigar como os mesmos evoluíram desde as primeiras fases do PPAC, usando uma modelagem retrospectiva (Figura 7). Essa modelagem divide os requisitos por fases de projeto, sendo que em cada fase eles foram distribuídos seguindo três princípios: i) explicitar a fase em que o requisito foi identificado (cor), ii) explicitar a fase na qual o requisito foi inicialmente considerado (posição), e iii) explicitar o desdobramento dos requisitos, partindo dos mais gerais até os mais específicos (setas).

A Figura 7 ilustra a evolução dos requisitos ambientais até a fase em que foi realizado o estudo de caso. Essa estrutura evoluiu gradativamente, a cada fase do PPAC, na medida em que novos requisitos foram adicionados, excluídos ou alterados. Os requisitos mais gerais (04.1, por exemplo), demandantes de funcionalidades que têm impacto em vários subsistemas (projeto hidrossanitário, de terraplenagem, por exemplo), ficaram posicionados nas fases iniciais. Já os mais específicos, ainda que tenham sido lembrados desde o início do empreendimento, foram posicionados em fases posteriores. Esse é o significado, por exemplo, das caixas de requisitos amarelas, que estão fora do espaço delimitado para a fase de estudos preliminares.

Tabela 2. Documento de requisitos.

Projeto: Empreendimento A			Versão: A	Data: 12/09/2009			Responsável pela atualização: Pesquisador A					
Cod. do requisito	Solução antecedente	Requisitos	Soluções	Responsáveis	Fase em que surgiu	Depende de inicialmente considerado	Indicador	Conflito com	Valor-meta	Observações	Peso	Flexibilidade
11.1	-	A descaracterização da topografia original do terreno deve ser evitada.	Terreno deve ter uma morfologia adequada para a implantação do terreno.	Todos.	PEN	PP	08.4	-	m³ movimentados.	menos de 100m³ (menor é melhor).	-	
06.3	-	Deverem ser previstos mecanismos para o adequado tratamento do esgoto doméstico gerado pelo condomínio, de acordo com os condicionantes locais.	S06.3 Deve ser prevista uma estação de tratamento para o esgoto doméstico gerado no condomínio.	Engenheiro hidrosanitário, arquiteto urbanista.	PEN	EV	-	06.4	% tratada em relação ao esgoto gerado.	mais de 70% (maior é melhor).	-	
12.16	S06.3	O lodo gerado pela estação de tratamento de esgoto deve ser gerenciado adequadamente.	S12.16 Parâmetros da página 62 da Licença de Instalação (LI).	engenheiro hidrosanitário.	EV	AP	03.2	-	Pg. 62 da LI.	Variável (pg. 62 da LI).	-	

A Figura 7 também inclui soluções de projeto, sinalizadas conforme a legenda. Mantendo as soluções na estrutura gráfica, a rastreabilidade torna-se mais explícita e compreensível. Por meio dessa modelagem, foi possível interpretar os desdobramentos e, principalmente, avaliar se os requisitos estratégicos

estavam sendo satisfeitos. Verificou-se, por exemplo, que o requisito estratégico B (o emprego de materiais, equipamentos e atividades que possam oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde do homem devem ser restringidos e controlados) passou a ser atendido somente a partir da fase de estudos preliminares.

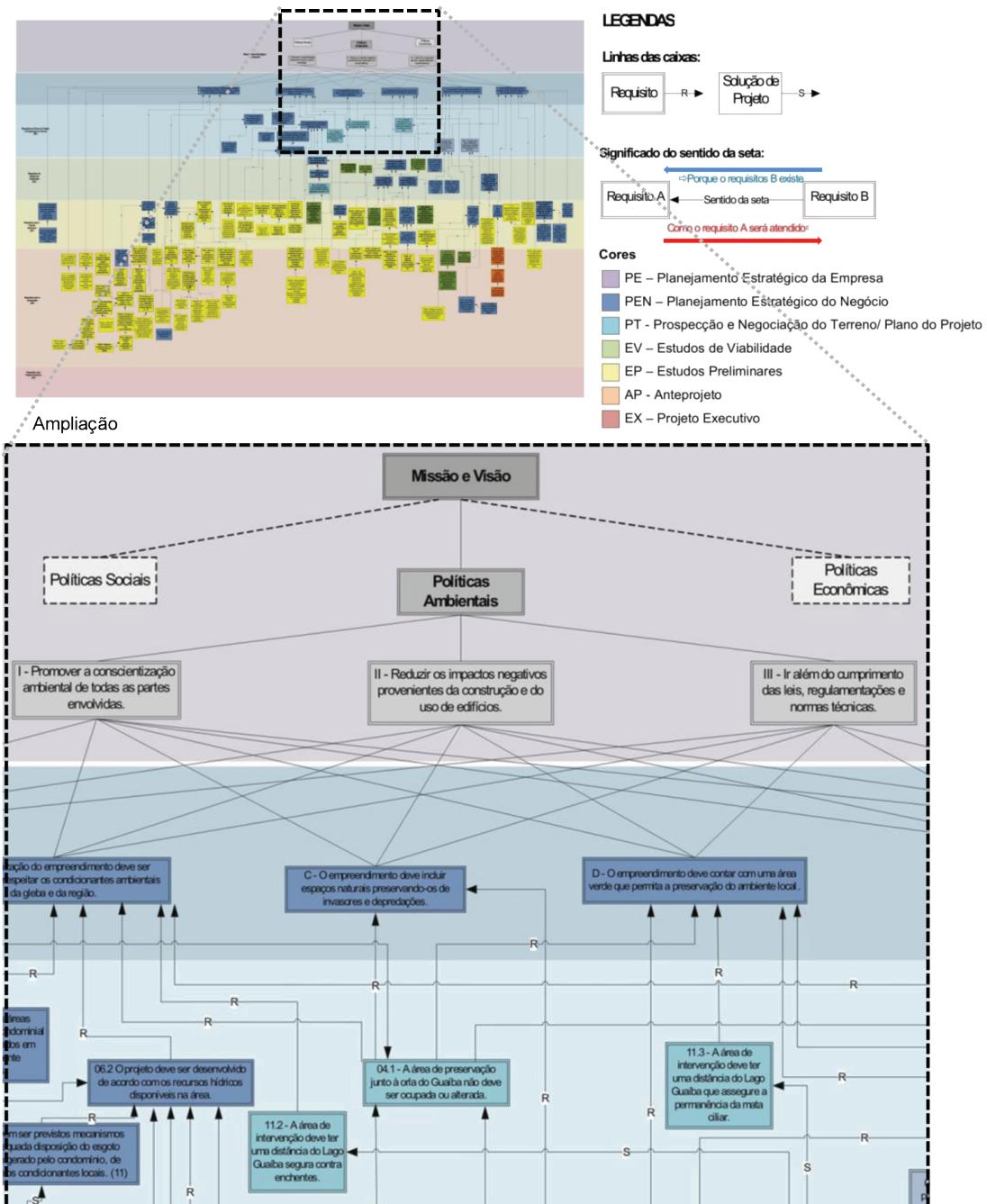


Figura 7. Estruturação gráfica dos requisitos ambientais do empreendimento. Ver figura completa em: <https://docs.google.com/fileview?id=0B5SMZLxr6i5zZjE5MDFkOTMtOWU2Zi00YTcxLTgwNmQtMDIxZjQxNTA5M2Vm&hl=en>

Quadro 4. Avaliação das características de qualidade dos requisitos ambientais do estudo de caso.

Checklist adaptado de Marx (2009)		Situação antes e depois do uso do checklist	
Este requisito...		Antes	Depois
é necessário?	Se o produto pode suprir as demandas sem este requisito, ele não é necessário e pode ser descartado.	83,33% eram necessários.	Os requisitos desnecessários foram retirados do documento de requisitos (Tabela 2).
é inteligível?	Se os leitores não compreendem o que o requisito significa, ele deve ser reescrito.	51,66% eram inteligíveis.	Os 48,34% de requisitos não inteligíveis foram reescritos.
é exequível?	Se este requisito não pode ser implementado dentro do prazo e orçamento, ele não é viável e deve ser descartado ou analisado mais atentamente.	100% eram exequíveis.	100% exequíveis.
é testável/verificável/mensurável?	Se a implementação deste requisito não puder ser verificada por meio de um teste, deve ser definida outra forma de verificação.	80% eram testáveis/verificáveis.	Os 20% dos requisitos não testáveis/verificáveis/mensuráveis assim permaneceram, por ainda serem gerais e pouco detalhados até o final da pesquisa.
é rastreável?	Se a fonte deste requisito e sua localização não forem rastreáveis, o requisito deve ser revisado.	100% eram rastreáveis.	100% rastreáveis.
está alocado?	Se este requisito não estiver ancorado em um objetivo do projeto ele não é necessário e pode ser descartado.	100% estavam alocados.	100% alocados.
é exclusivo?	Não deve haver requisitos duplicados, repetidos.	2 requisitos estavam repetidos 1 vez.	Os requisitos repetidos foram agrupados.
é prematuro?	Se este requisito impuser uma solução de projeto prematura, ele deve ser revisado ou reservado para consideração em fases mais tardias.	83,33% exigiam soluções de projeto prematuras.	Estes requisitos prematuros foram sinalizados, para que suas soluções fossem repensadas quando da necessidade de efetiva inclusão do requisito no projeto.

Já o requisito estratégico A (a localização do empreendimento deve ser condizente e respeitar os condicionantes da gleba e da região) foi considerado desde a fase de prospecção e negociação do terreno. O requisito estratégico A possui seis desdobramentos logo na fase posterior, enquanto o requisito C possui somente dois. O número de setas que convergem em um determinado requisito estratégico é um forte indicativo de concentração de esforços em determinados pontos do projeto, o que pode ser tanto um sinal positivo como negativo, dependendo da complexidade e prioridade daquele requisito.

Outra contribuição prática da Figura 7 é a visibilidade do impacto que a mudança de um requisito, ou solução de projeto, pode causar nos demais. Uma vez que a solução de um requisito com muitos desdobramentos é alterada, pode-se prever um substancial impacto dessa mudança sobre o projeto. Observaram-se poucas situações de conflitos entre requisitos ambientais e entre suas soluções de projeto. No entanto, foram identificadas relações de conflito dos requisitos ambientais com os de outras categorias, como os econômicos e técnicos, estando essa análise, contudo, fora do escopo da pesquisa.

5.3.7. Atividade 7 - Priorização dos requisitos ambientais

Essa atividade foi realizada nas fases estratégicas (01 e 02) do PPAC em estudo (Figura 4), por meio

do *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1977), processo que propõe a análise pareada entre os requisitos, determinando prioridades relativas entre eles. Essa decisão foi tomada devido ao fato de que os requisitos originados nessas fases tendem a ser todos percebidos como muito importantes. Isso ocorre porque estes têm impacto simultâneo em várias dimensões de desempenho (custo, tempo, qualidade, por exemplo) e são provenientes da diretoria. De acordo com Saaty (1991), a priorização desse tipo de requisito está além das possibilidades humanas de raciocínio intuitivo e requer apoio a métodos específicos.

As matrizes do AHP foram preenchidas pelo gerente do projeto e pelo diretor de engenharia da empresa Alfa durante as reuniões R2 e R3. Em cada uma das reuniões, em um primeiro momento foi realizada a priorização das três políticas ambientais, tendo em mente a missão e a visão da empresa Alfa (Tabela 3).

Posteriormente, a taxa de consistência (CR), valor que aponta a coerência dos julgamentos realizados, foi calculada conforme instruções de Saaty (1991) alcançando, na matriz da Tabela 3, o valor 0,03. Valores entre 0,00 e 0,10 são considerados adequados (SAATY, 1991), pois indicam julgamentos consistentes.

Como todos os requisitos ambientais estratégicos tinham relações com as políticas ambientais, o passo seguinte foi a análise pareada de tais requisitos frente às políticas ambientais da empresa Alfa, seguindo a mesma lógica de questionamentos da Tabela 3. Os resultados dessa segunda análise foram ponderados

pelos pesos das políticas da empresa Alfa (Tabela 3) e são representados na Tabela 4, representando pesos finais dos requisitos ambientais estratégicos.

Mesmo já estando em fase de anteprojeto, a priorização dos requisitos estratégicos foi importante para a empresa estudada, pois apontou onde deviam estar focados os esforços para o atendimento das metas ambientais. Essa análise evidenciou, com o auxílio da estrutura gráfica da Figura 7, que alguns aspectos, como o planejamento de iniciativas relacionadas à preservação do meio ambiente após a entrega do empreendimento aos moradores, precisava receber maior atenção. Uma vez que esses pesos foram encontrados, poderiam ter sido considerados para a priorização dos demais requisitos ambientais do projeto. Contudo, considerando que os requisitos ambientais das fases seguintes possuíam poucos conflitos entre si e 91% eram legalmente obrigatórios, não foi realizada a priorização dos requisitos das demais fases.

5.3.8. Atividade 8 - Definição de soluções de projeto

Conforme comentado na seção 5.2.3 (transformação das informações coletadas em requisitos), grande parte das informações coletadas já estava no formato de soluções de projeto. Os requisitos que ainda exigiam soluções de projeto, doze, foram levados ao gerente do projeto, o qual apresentou as prováveis soluções para sete deles. Os outros cinco permaneceram com a solução em aberto, a ser resolvida nas próximas fases do projeto. Tais requisitos foram sinalizados na estruturação gráfica dos requisitos (Figura 7), para ressaltar essa particularidade.

5.3.9. Atividade 9 - Validação dos requisitos ambientais

A validação dos requisitos ambientais estratégicos foi realizada a partir da revisão destes por parte do gerente do projeto e do diretor de engenharia

Tabela 3. Matriz de julgamento dos pesos das políticas ambientais da empresa Alfa.

Priorização das políticas ambientais em função da missão e visão da empresa Alfa					
	I – Promover a conscientização ambiental de todas as partes envolvidas.	II – Reduzir os impactos negativos provenientes da construção e do uso de edifícios.	III – Ir além do cumprimento das leis, regulamentações e normas técnicas.	Prioridade média (%)	
I – Promover a conscientização ambiental de todas as partes envolvidas.	1	1/3	3	26,50	
II – Reduzir os impactos negativos provenientes da construção e do uso de edifícios.	3	1	5	63,33	
III – Ir além do cumprimento das leis, regulamentações e normas técnicas.	1/3	1/5	1	10,62	
<i>CR = 0,03</i>			Total	100,00	

Pesos para julgamento de a_i em relação à a_j : 9 - absolutamente dominante; 7 - extremamente mais importante; 5 - muito mais importante; 3 - mais importante; 1 - igual; 1/3 - menos importante; 1/5 - muito menos importante; 1/7 - extremamente menos importante; 1/9 absolutamente irrelevante.

Tabela 4. Matriz com os pesos dos requisitos ambientais estratégicos.

	Resultado da priorização dos requisitos ambientais estratégicos			
	Política I (%)	Política II (%)	Política III (%)	Peso dos requisitos estratégicos (%)
	26,05	63,33	10,62	
A	12,08	26,20	5,45	20,32
B	18,69	17,52	21,02	18,19
C	18,93	24,14	26,45	23,03
D	23,10	11,63	12,43	14,70
E	12,98	5,78	10,05	8,11
F	14,23	14,74	24,60	15,65

da empresa Alfa. Os demais requisitos, que foram identificados, organizados, priorizados e especificados até a fase de anteprojeto, foram revisados pela equipe de pesquisa a partir da releitura das entrevistas transcritas e documentos recolhidos durante a análise documental. Como resultado, foi percebido que alguns requisitos, provenientes de atividades de escritório da empresa que podem causar impacto ambiental (como o uso de energia e papel, por exemplo), não haviam sido considerados. Essa lacuna foi deixada como uma delimitação da pesquisa, que não se ateve à exploração dos impactos ambientais das fases de construção e uso.

6. Discussão e avaliação da aplicação das diretrizes

Quanto à sua utilidade, as diretrizes foram avaliadas segundo sua contribuição na geração de valor, no controle das mudanças e na tomada de decisão. Em relação à geração de valor, os procedimentos e ferramentas propostos contribuíram na identificação, escolha, organização e visibilidade dos requisitos, o que reflete em maior coerência na consideração e o atendimento destes em função do que é esperado pelos clientes. No empreendimento investigado, os requisitos ambientais agregaram valor principalmente para a sociedade, na medida em que 91% deles eram obrigatórios de acordo com a legislação e voltados não somente aos usuários do empreendimento, mas também às comunidades vizinhas.

Quanto à facilidade de uso, os entrevistados entenderam que havia necessidade de capacitação dos clientes internos e intermediários, e em especial da equipe responsável pelo gerenciamento do projeto, para a aplicação das diretrizes. Nesse aspecto, como uma das limitações das diretrizes, pode ser salientada a dificuldade em realizar algumas das atividades da GR sem o apoio de ferramentas de TI. Um exemplo foram as atividades de estruturação gráfica e priorização dos requisitos, frente à grande quantidade de requisitos ambientais existentes. Apesar de a empresa contar com um sistema de troca de informações entre os projetistas baseado na web e de softwares para o apoio na gestão das atividades já existentes (*MSEExcel* e *MSProject*), a disponibilidade de ferramentas mais específicas seria útil na agilização da execução das atividades. De outro lado, ambas as empresas envolvidas no empreendimento adotavam boas práticas que poderiam ser integradas às atividades propostas pelas diretrizes, tais como a comunicação e a documentação das informações sobre o projeto (atribuição de códigos aos documentos, utilização de sistema *on-line* para troca de informações entre os clientes), além da realização de reuniões multidisciplinares periódicas. Essas boas

práticas gerenciais estão alinhadas e facilitaram a realização das diretrizes nas empresas estudadas.

Destaca-se ainda o papel das atividades de documentação dos requisitos nas planilhas na contribuição para o controle das mudanças. As planilhas possibilitam a organização, disponibilidade e rastreamento das informações, além da manutenção do histórico do projeto. A estruturação gráfica também é um instrumento de apoio para o controle das mudanças, por permitir a análise do impacto sistêmico de mudanças de requisito e soluções de forma mais rápida do que se esses dados estivessem listados em planilhas ou distribuídos em documentos. Foi a atividade que resultou em maior utilidade prática para as empresas, considerando o estágio atual do projeto.

Em relação às condicionantes organizacionais, o comprometimento da alta direção (C3) e a conscientização das partes envolvidas (C4) foram destacados como sendo muito relevantes para o caso específico da GRA. De acordo com o relato da gerente de *marketing*, a pesquisa de mercado realizada pela empresa indicou que existem requisitos resultantes de pressões externas que podem não agregar valor ao produto sob o ponto de vista do cliente final (alguns requisitos ambientais ou de segurança do trabalho, por exemplo). Nesses casos, é ainda mais importante haver o comprometimento da alta direção e a conscientização dos envolvidos para que as metas sejam alcançadas. Os motivos que levaram as empresas do estudo de caso a agir desta forma baseiam-se, em especial, nas políticas ambientais da empresa Alfa.

Durante o estudo de caso, foi observado que as principais diferenças que a alta quantidade de requisitos ambientais obrigatórios trouxe ao projeto, em relação a outros requisitos, referem-se à mudança de prioridades, à necessidade de capacitação dos envolvidos e ao uso de tecnologias específicas, menos ambientalmente agressivas. Além disso, a consideração de tantos requisitos ambientais trouxe impactos nos prazos, pelo fato de a legislação ser, por vezes, confusa. Dentre outras razões, o município onde foi construído o empreendimento não estava preparado para legislar sobre um empreendimento deste porte e características. Esses fatos desencadearam um licenciamento ambiental longo, burocrático, que refletiu em diversas alterações nos requisitos ambientais e suas soluções de projeto, e, por consequência, retrabalhos para os profissionais envolvidos no seu desenvolvimento. Caso a GRA tivesse sido implementada nas fases iniciais, é possível que alguns impactos das mudanças de exigências legais fossem antecipados e, assim, os retrabalhos consumiriam menos tempo.

A partir da análise das planilhas, observou-se que quase a totalidade dos requisitos ambientais (93%) dependia da ação de mais de um especialista para

ser atendido, reforçando o caráter multidisciplinar destes. Outro aspecto a ser discutido é a diferenciação entre requisitos e soluções de projeto. A existência de um número alto de soluções de projeto (52 %), verificada durante o levantamento de informações, ocorreu devido à fase avançada em que o projeto se encontrava quando iniciou a coleta de dados. De um lado, a definição de soluções de projeto pode ser benéfica, uma vez que isso implica em informações de entrada para a etapa de construção, além de que as soluções são os meios concretos de geração de valor. De outro lado, a ênfase em identificar a solução, em detrimento da compreensão dos requisitos subjacentes, pode ocultar a real funcionalidade que deve ser atendida. Esse procedimento evita que os requisitos sejam perdidos ou alterados junto com possíveis mudanças das soluções.

Ao longo do estudo de caso, verificou-se que requisitos podem ser perdidos em vários momentos, tais como: i) no levantamento de informações, ii) na identificação dos requisitos a partir de informações genéricas (demandas, soluções de projeto), iii) durante a documentação, caso a codificação e organização dos mesmos não seja feita adequadamente, iv) na ocasião de mudanças da solução de projeto, e v) quando os requisitos não são atendidos corretamente, ou completamente, pelas soluções de projeto. Dessa forma, torna-se clara a importância de haver mecanismos para o seu gerenciamento. De maneira geral, entendeu-se que, embora o PPAC seja um complexo processo de criação, com inevitáveis mudanças, iterações e informalidades, o conjunto de boas práticas proposto neste artigo possibilita que os requisitos e soluções de projeto sejam sistematicamente formalizados e acompanhados.

7. Conclusões

Este trabalho apresentou uma proposta de diretrizes para a GR no PPAC, cuja aplicação foi ilustrada por meio de um estudo de caso com ênfase nos requisitos ambientais. As diretrizes têm as seguintes características que as distinguem de estudos anteriores: i) uma visão holística da GR, contemplando todas as suas etapas ao longo de todo o PPAC; e ii) a disponibilização de mecanismos que permitem controlar as inevitáveis mudanças que acontecem nos requisitos ao longo do PPAC. Em relação a esse último aspecto, destacam-se as planilhas de documentação e a atividade de estruturação gráfica.

Para que as diretrizes sejam aplicadas, sugere-se a utilização de uma série de boas práticas para executar as atividades em cada fase do PPAC. Dentre as dificuldades de implantação, pode-se salientar que algumas atividades, como as de estruturação gráfica e

priorização, podem consumir bastante tempo, o que poderia ser reduzido com o apoio de ferramentas de tecnologia da informação. Além disso, a adequada realização das atividades da GR tende a depender de capacitação dos projetistas, na medida em que esse assunto provavelmente ainda é abordado de modo informal na maioria das empresas.

No que tange às particularidades dos requisitos ambientais, verificou-se: i) a grande quantidade de requisitos cujo atendimento é obrigatório, em função de exigências legais (do total de requisitos do estudo de caso, 91% eram dessa natureza); ii) a possibilidade de retrabalhos devido à existência de leis ainda imaturas, e iii) a necessidade de haver comprometimento da alta direção e conscientização de todas as partes envolvidas, visto que o atendimento de requisitos ambientais ainda tende a agregar mais valor para a sociedade como um todo, ao invés de diretamente para o cliente final. Em relação a esse último item, é essencial que a empresa que deseja gerenciar seus requisitos ambientais manifeste essas intenções de forma explícita em seu planejamento estratégico.

Dentre as sugestões de trabalhos futuros decorrentes dessa pesquisa, pode ser salientada a aplicação das diretrizes em outros cenários organizacionais e com outros tipos de requisitos que não sejam os ambientais. Outras duas sugestões são: o desenvolvimento de ferramentas de tecnologia da informação para dar apoio à implantação das atividades da GR; a validação e o refinamento das diretrizes a partir da sua apreciação por especialistas da área acadêmica e da indústria da construção.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR ISO 14001:2004: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para o uso.* Rio de Janeiro, 2004. 20p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR ISO 9001:2008: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos.* Rio de Janeiro, 2008. 21p.
- ASSOCIATION POUR LA HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE- HQE. Disponível em: <<http://www.assoqhe.org>>. Acesso em: 12 jul. 2010.
- BARROS NETO, J. P.; NOBRE, J. A. N. O processo de desenvolvimento de produto imobiliário: estudo exploratório em uma incorporadora. *Revista Produção*, v. 19, n. 1, p. 87-104, 2009.
- BRASIL. Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96.
- BRAY, I. K. An *Introduction to Requirements Engineering*. Pearson Education Limited, 2002.

- CLAUSING, D. *Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. New York: ASME Press, 1994.
- COLE, R. J. Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles. *Build Research & Information*, v. 35, 2005.
- CREVELING, C. M.; SLUTSKY, J.; ANTIS, D. *Design for Six Sigma: in technology and product development*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2003.
- HUOVILA, P. *Organisation & Management*. Technical Research Centre of Finland, VTT, 2005.
- HUOVILA, P.; PORKKA, J. *Conclusions and Recommendations on Decision Support Tools for Performance Based Building*. VTT Building and Transport Report. Finland, 2005.
- INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRINMENT AND ENERGY CONSERVATION - IBEC. Comprehensive Assessment System for Built Environment. Efficiency - CASBEE. Disponível em: <www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>. Acesso em: 25 jun. 2009.
- KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. *Capturing Client Requirements in Construction Projects*; American Society of Civil Engineers. Thomas TelfordLtd., 2002.
- KEHL, C. *Contribuições para a identificação da opinião de clientes finais sobre atributos de desenvolvimento sustentável para o produto habitação*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- KOTONYA, G.; SOMMERVILLE, I. *Requirements engineering: process and techniques*. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
- MARX, A. M. *Proposta de Método de GR para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MARX, A. M.; PAULA, I. C. Proposta de uma sistemática de gestão de requisitos para o processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. *Revista Produção*, v. 21, n. 3, p. 417-431, 2011.
- MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M.T.P. Sustentabilidade e processos de projeto de edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v.4, n. 1, 2009.
- PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering design: a systematic approach*. London: Springer, 1995.
- PARVIAINEN, P.; TIHNEN, M.; VAN SOLINGEN, R. Requirements engineering: dealing with the complexity of Sociotechnical Systems Development. In: MATE, J. L.; SILVA, A. *Requirements engineering for sociotechnical systems*. Hershey: Information Science Publishing, 2005. cap. 2.
- PEGORARO, C. *Proposta de diretrizes para a gestão de requisitos no processo de projeto de ambientes construídos: um estudo de caso com enfoque nos requisitos ambientais*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- PEKTAS, S. T.; PULTAR M. Modelling detailed information flows in building design with the parameter-based design structure matrix. *Design Studies*, v. 27, n. 1, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2005.07.004>
- SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, p. 234-281. 1977. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- SHEN, Q.; LI, H.; CHUNG, J.; HUI, P. A framework for identification and representation of client requirements in briefing process. *Construction management and economics*, v. 22, 2004.
- SILVA, T. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. *Revista Ambiente Construído*, v. 3, n. 3, 2003.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. São Paulo: Perason, Addison-Wesley, 2007.
- SUN, M. et al. *Managing Changes in Construction Project*. Bristol: UWE, 2005. Disponível em: <<http://www.built-environment.uwe.ac.uk/research/cprc/publications/mcd.pdf>>.
- UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL - USGBC. Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 10 jun. 2009.
- WHITELEY, R.C. *A empresa totalmente voltada para o cliente*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YOUNG, R. *The requirements engineering handbook*. Norwood: ArtechHouse, 2003.

Requirements management in construction industry: a case study of environmental requirements in a condominium project

Abstract

This article introduces guidelines for managing requirements during the building of the environment design process. A preliminary version of these guidelines was developed based on a literature review and an exploratory study. Such version was partially applied and enhanced in a case study of an urban project, where the environmental requirements were emphasized. Multiple sources of data were adopted in the case study, such as 12 hours of interviews, analysis of documents (e.g., environmental licenses) and observation of meetings related to the design process. The proposed guidelines have a holistic view of requirements management and involve all its phases along the design process. In addition, techniques that allow the control of change were indicated. The data available were also useful for assessing the guidelines from the perspective of their usability and effectiveness. Among the insights obtained from the case study, the contribution of the guidelines was evident in the elicitation, organization and visibility of environmental requirements, which benefits the decision-making.

Keywords

Construction design process. Requirements management. Environmental requirements. Construction.

Apêndice A. Planilha utilizada no planejamento da coleta de dados do estudo de caso.

Fontes de dados	Fases do processo projeto										
	Planejamento estratégico da empresa	Planejamento estratégico do negócio	Prospecção e negociação do terreno	Estudo de viabilidade	Projetos preliminares	Anteprojeto	Projeto executivo e detalhamentos	Execução das obras	Licenciamento ambiental	Monitoramento ambiental	Entrega do produto: uso e ocupação
Análise documental (especificar que tipos de documentos)											
Análise do ciclo de vida											
Avaliações pós-ocupação											
Benchmarking (especificar onde e qual o objetivo)											
Brainstorming (especificar com quem e qual o objetivo)											
Entrevistas (especificar onde e qual o objetivo)											
Grupos focados (especificar onde e qual o objetivo)											
Legislação (especificar em que âmbito)											
Observação direta (de que/quem)											
Pesquisa de mercado (especificar amostra e objetivo)											
Questionários (especificar amostra e objetivo)											
Normas (ex: certificações) (que tipo e em que âmbito)											
Workshops/reuniões (especificar com quem e qual o objetivo)											
Outros:											

Fonte: adaptado de Pegoraro (2010).