

Maio/2013
01-2013

RELATÓRIO TÉCNICO ESTUDO DE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO SEGMENTO DE EDIFICAÇÕES

Diretoria de Inovação e Meio Ambiente
Gerência de Desenvolvimento e Inovação

**Sistema
FIRJAN**



**INFORMA,
FORMA,
TRANSFORMA.**

Expediente

Sistema FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

Presidente Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira

Diretoria Geral do Sistema FIRJAN

Diretor Augusto Franco Alencar

Diretoria Regional do SENAI-RJ

Diretora Maria Lucia Telles

Diretoria de Inovação e Meio-Ambiente

Diretora Marilene Carvalho

Gerência de Desenvolvimento e Inovação

Gerente Ana Carolina Machado Arroio

Coordenação

Rafael de Jesus Gonçalves

Colaboradores

Roberto da Cunha – Supervisor Técnico do Centro de Referência de Construção Civil do SENAI RIO

.....

Elaboração do Estudo

DIM – Diretoria de Inovação e Meio Ambiente

GDI – Gerência de Desenvolvimento e Inovação

Sumário

Índice de figuras	3
Resumo Executivo	4
1. Introdução	5
1.1 Importância do trabalho para o setor	5
2. Objetivo	6
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3. Metodologia	7
3.1 Revisão bibliográfica	8
3.2 Modelagem.....	9
3.3 Painel de especialistas	9
4. Breve retrospecto da literatura.....	10
5. Etapas do processo de construção em edificações.....	14
6. Painel de especialistas no segmento de edificações	17
7. Considerações finais	25
8. Recomendações	27
Referências bibliográficas	29

Índice de figuras

Figura 1 – Modelo de prospecção tecnológica	8
Figura 2 – Exemplo de mapa de processos encontrado na literatura	9
Figura 3 – Proposta para sequência do projeto	15
Figura 4 – Representação simplificada dos processos de construção de um edifício	16
Figura 5 – Fluxo das principais etapas no processo de construção	16
Figura 6 – Etapas da construção de edifícios	17
Figura 7 – Instituições com representantes no painel de especialistas	18
Figura 8 – Relação de tecnologias que receberam a indicação de pelo menos seis especialistas.....	18
Figura 9 – Estágio de desenvolvimento das tecnologias	25
Figura 10 – Perspectiva de difusão das tecnologias	27

Resumo Executivo

O relatório de prospecção tecnológica com foco no segmento de edificações apresenta as tendências tecnológicas nesse setor industrial nos próximos 10 anos. Seu objetivo é apoiar a tomada de decisão de empresários e dos gestores do Sistema FIRJAN. As tendências tecnológicas foram levantadas a partir da metodologia de prospecção concebida no SENAI-RJ que é realizada através de um mapeamento das tecnologias – revisão da literatura e modelagem do objeto estudado –, da seleção e priorização dessas através de um painel de especialistas, bem como da divulgação dos resultados do estudo para o setor.

A análise da literatura indica uma forte convergência no cenário americano, canadense e europeu para industrialização do processo de construção em edificações. Canadenses e americanos ressaltam também aspectos relacionados à automação e a robotização do processo construtivo. Adicionalmente, estudos europeus e canadenses apontam para o desenvolvimento de novos materiais, especialmente com base em nanotecnologia.

No caso brasileiro, as análises da bibliografia e dos resultados do Painel de Especialistas permitem indicar que as tecnologias prioritárias estão direcionadas para a etapa de projeto construtivo, sustentabilidade e com foco em desempenho. Destaque para as tecnologias do *Building Information Modeling* e dos softwares de Simulação da eficiência energética. É importante ressaltar que este estudo identificou 261 tecnologias associadas às etapas da construção de um edifício.

Por fim, para apoiar o setor produtivo na adoção dessas tecnologias são recomendadas algumas ações que incluem: realização de uma ação específica no âmbito da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI); criação de linhas de fomento para garantir todas as etapas do processo de inovação; articulação com os governos de forma a estabelecer uma política que favoreça a difusão de tecnologias em estágio comercial; execução de pesquisa para avaliar a adoção dessas tecnologias e; avaliação da infraestrutura laboratorial, capacitação de equipe técnica e desenvolvimentos tecnologias que apoiem o setor empresarial no que tange a norma de desempenho.

1. Introdução

Este documento consolida resultados do estudo de prospecção tecnológica realizado com foco no segmento de edificações. A metodologia proposta visa auxiliar o Sistema FIRJAN quanto à oferta de novos produtos e seus investimentos necessários.

A visão de longo prazo, a prospecção de oportunidades e a inovação são fundamentais para o futuro do Sistema FIRJAN e a competitividade da indústria fluminense. Por isso, o Sistema FIRJAN, através da Diretoria de Inovação e Meio Ambiente, criou o Observatório Tecnológico em novembro de 2007. O Observatório Tecnológico é uma iniciativa inovadora em nosso estado que visa à prospecção de tendências e a difusão de informações estratégicas para a tomada de decisão. Adicionalmente, as atividades do Observatório permitem a orientação de empresários com relação à visão de futuro das tecnologias inerentes a sua atividade produtiva.

1.1 Importância do trabalho para o setor

A Indústria da Construção é um dos setores mais importantes para a economia de qualquer país. Nos últimos anos esse segmento passou por um significativo processo de expansão e, apesar dos efeitos da crise internacional, esse dinamismo vem sendo sustentado, o que implica em novos desafios. Segundo dados da Fundação Getulio Vargas, para cobrir o déficit habitacional até 2022, os investimentos deverão acumular mais de R\$ 3 trilhões¹.

O estado do Rio de Janeiro, por sua vez, está no centro das atenções como um grande concentrador de investimentos públicos e privados, com previsão de mais de R\$ 211 bilhões investidos, entre 2012 e 2014, conforme cálculo da publicação Decisão Rio, do Sistema FIRJAN². Denota-se a realização de obras de grande porte, tais como Complexo Portuário do Açu, em São João da Barra, e Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, em Itaboraí, acrescido das obras de preparação para a realização da Copa do

¹ Informação disponível em: < http://www.sinaprocim.com.br/upload/livros/Sumario_Executivo_pt.pdf
> Data de acesso: 07.05.2013

² Informação disponível em < http://www.firjan.org.br/decisaoport2012-2014/files/decisaorio2012-2014_pt.pdf > Data de acesso: 06/05/2013



Mundo de Futebol, em 2014, e Jogos Olímpicos, em 2016. Destaca-se, ainda, o investimento no setor de petróleo e gás que resulta em importantes empreendimentos voltados para a infraestrutura. Esse bom momento de nosso estado certamente também se reflete na atividade de construção de edifícios que conta com oferta de financiamento imobiliário para atender a demanda do setor produtivo.

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a atividade de construção de edificações inclui:

- a construção de edifícios residenciais;
- a construção de edifícios comerciais e;
- a construção de edifícios industriais.

2. Objetivo

2.1 Objetivo geral

O objetivo desse estudo é identificar as principais tendências tecnológicas que influenciarão a competitividade nos próximos 10 anos da indústria de construção civil no segmento edificações residenciais e comerciais.

2.2 Objetivos específicos

- Prover informações para o desenvolvimento de novos produtos e serviços para o Sistema FIRJAN;
- Informar tendências tecnológicas para os empresários fluminenses do setor da construção civil no segmento edificações residenciais e comerciais;
- Indicar tecnologias que irão compor questionário da etapa de pesquisa do projeto Subsídios para a Definição de Estratégias de Apoio à Indústria da Construção Civil.

3. Metodologia

No Brasil, o termo prospecção tecnológica descreve um conjunto de métodos capazes de prever tecnologias que influenciarão de forma significativa não só a indústria, mas também a economia e a sociedade³. Segundo Popper (2008), os métodos mais utilizados são a Revisão da Literatura (54%) e o Painel de Especialistas (50%). O autor também denota que os estudos mapeados combinavam em média cinco ou seis métodos prospectivos⁴.

Nesse sentido, Saritas e Aylen (2010) assinalam que vários métodos prospectivos podem ser selecionados e integrados de modo a preencher funções ou etapas específicas como:

- i) compreensão: obter entendimento de temas e fatores que influenciam o objeto de estudo;
- ii) síntese e modelos: criação de modelos conceituais do objeto de estudo;
- iii) análise e seleção: Analisar os modelos alternativos de futuro e priorizar com atores envolvidos.
- iv) transformação: estabelece a relação entre o futuro e o presente para iniciar um programa de mudança e;
- v) intervenção: diz respeito à criação de planos para informar as decisões atuais de mudança imediata de forma a proporcionar transformações estruturais e comportamentais.

Esse trabalho corroborara para a compreensão, síntese, modelagem, análise e seleção das tecnologias que influenciarão a competitividade do segmento de edificações na construção civil. Ele não pretende transformar ou intervir diretamente no objeto de estudo.

Com base no referencial acadêmico internacional, bem como no objeto de estudo, os métodos adotados durante a execução da prospecção tecnológica incluem revisão da

³ Para saber mais sobre outras formas descritas na literatura para análise de futuro, ver: Kupfer e Tigre (2004); Santos et. Al (2004).

⁴ Sua análise tinha como referência 884 casos estudados pela Strategic Euro-Latin Foresight Research and University Learning Exchange (SELF-RULE) e European Foresight Monitoring Network (EFMN).

bibliografia e modelagem de processos e o painel de especialistas. A figura 1 apresenta o modelo de prospecção tecnológica com cada uma de suas etapas.



Figura 1 – Modelo de prospecção tecnológica

É importante ressaltar que um grupo de trabalho composto por técnicos do Sistema FIRJAN, do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio de Janeiro (SINDUSCON-RIO) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) foi formado para acompanhar cada uma das etapas do estudo. As etapas são detalhadas nas subseções a seguir.

3.1 Revisão bibliográfica

Nessa etapa é realizado levantamento da bibliografia e levantamento das informações contidas na bibliografia, isto é, estudo dos dados e/ou das informações presentes no material bibliográfico. Deve-se salientar que os resultados da pesquisa dependem da quantidade e da qualidade dos dados coletados. Portanto, serão realizados levantamentos em instituições de referência:

- Internacional => *Nacional Institute of Building Science (NIBS), US Department of Housing and Urban Development, Construction Sector Council (CSC), European Commission*, entre outros institutos de referência na construção civil.
- Nacional => Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de São Carlos, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Estadual de Campinas, , Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade de São Paulo, Câmara

Brasileira da Indústria da Construção, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Departamento da Indústria da Construção da FIESP, SENAI-DN, SENAI-PR, entre outras;

3.2 Modelagem

A modelagem consiste em uma abordagem de exibição gráfica que expressa a forma como as organizações executam seus processos empresariais. Segundo Rosemann e Elo Group (2009), ela é considerada um instrumento fundamental para a análise e projeto de sistemas de informação voltados para processos, documentação e reengenharia organizacional, e o projeto de arquiteturas orientadas a serviços. Para tanto, os modelos de processos tipicamente descrevem em uma forma gráfica as atividades, eventos/estados, e lógica de fluxo de controle que constituem um processo de negócio. Adicionalmente, modelos de processos podem também incluir informações relativas aos dados.

A partir da revisão bibliográfica no segmento de edificações será construído um mapa de processos para o setor, exemplificado na figura 2. Esse mapa será apresentado tanto para o grupo interno do projeto, quanto para os especialistas para aprimoramento e validação.



Figura 2 – Exemplo de mapa de processos encontrado na literatura

3.3 Painel de especialistas

O painel de especialistas é um método que pode ser aplicado para a prospecção e o monitoramento industrial. Os objetivos deste método são:

- a) Construir conhecimento sobre questões relacionadas ao negócio da corporação;
- b) Comparar pontos de vista e opiniões entre diferentes especialistas;

- c) Refletir sobre o futuro: riscos, tendências, oportunidades etc., de forma coletiva;
- d) Conhecer a realidade em nível regional, estadual, nacional, setorizado etc.;
- e) Identificar e propor estratégias de ação.

Para garantir o máximo de confiabilidade, independente do grupo formado, utilizamos como parâmetro as pesquisas de Dalkey⁵ (1969). Segundo suas pesquisas, a correlação média entre a mediana e as respostas verdadeiras cresceu com o aumento do número de especialistas na amostra. Entretanto, ao alcançar um painel com 15 especialistas, os resultados de Dalkey indicaram que dificilmente produzir-se-á um resultado diferente de um outro estudo com um número superior de especialistas.

4. Breve retrospecto da literatura

Destacam-se na literatura internacional os trabalhos realizados pelo Home Innovation Research Labs, pelo *Construction Sector Council* (CSC) e pela Comissão Europeia. O Home Innovation Research Labs⁶ preparou em 2002 o documento "PATH Technology Roadmap: Whole House and Building Process Redesign" para U.S. Department of Housing and Urban Development. O PATH (Partnership for Advancing Technology in Housing) foi um esforço público-privado para desenvolver, demonstrar e ganhar aceitação generalizada do setor de edificações americano para novas tecnologias. Através da utilização de tecnologias novas ou inovadoras, o objetivo do PATH é melhorar a qualidade, eficiência, durabilidade ambiental e acessibilidade das edificações de amanhã. As sugestões presentes no documento para o desenvolvimento do setor incluem: gestão do processo de aceitação de novas tecnologias pelo setor; industrialização do processo de construção; aplicação da tecnologia de automação robótica; integração de sistemas mecânicos⁷; entre outras.

⁵ Dalkey é pesquisador da RAND Corporation, uma das instituições pioneiras em estudos de análise de futuro.

⁶ Antigo NAHB Research Center

⁷ Eletrodomésticos, AVAC (fornos / ar condicionado / bombas de calor), produtos sanitários, e produtos elétricos normalmente são todos produzidos por empresas diferentes. Além disso, eles geralmente são

Publicado em 2004 pelo Construction Sector Council, o estudo "The Impact of Technology on the Construction Labour Market" revisou as principais tendências em tecnologias de construção e seus impactos sobre a mão-de-obra. As tendências apresentadas incluem: pré-fabricação de componentes; materiais e componentes de vida mais longa; aumento na razão de equipamentos e maquinário por trabalhador⁸; integração dos equipamentos e maquinários com a tecnologia de informação e; adoção de soluções robóticas para tarefas repetitivas na construção.

A área de pesquisa da Comissão Europeia publicou documento "*Innovative Technologies for buildings: EU-funded research to transform the construction sector*", que apresenta histórias de sucesso no segmento de edificações de projetos finalizados recentemente no âmbito do Seventh Framework Programme (FP7)⁹. Os desenvolvimentos envolveram as seguintes tecnologias/tendências: Steel frame; dry-wall; sensores e atuadores para controle da dinâmica de oscilação do prédio, conjuntamente com redes sem fios para monitorar e regular componentes tendo características como auto melhoria e auto correção; prover o empreendimento com elementos que armazenam energia baseados em materiais de mudança de fase¹⁰; janelas eletrocromáticas; sistemas para economia de água; industrialização da produção; novas edificações baseados em matéria prima têxtil¹¹.

instalados por comercial diferente empreiteiros. Portanto, é preciso haver mais incentivo para a integração na indústria.

⁸ Medido em dólares.

⁹ Na tradução, Sétimo Programa-Quadro. Os Programas-Quadro são o principal instrumento de financiamento em ciência e tecnologia que a União Europeia (UE) disponibiliza para seus Países-Membros e demais países de outros continentes, fomentando significativamente a cooperação internacional. O FP7, que entrou em vigor em 2007 e se estenderá até esse ano, mobilizando cerca de 54 bilhões de euros distribuídos entre os projetos aprovados.

¹⁰ Segundo Duarte (2011), esses materiais ajudam a amenizar as flutuações de temperatura diária, ou seja, aumenta a massa térmica, porém com espessuras muito menores e promove a redução do consumo energético do edifício.

¹¹ Essas edificações compreendem três elementos: membranas, estruturas de suporte e dispositivos de tencionamento. No projeto relatado, novos revestimentos e filamentos a base de nanotecnologia estão sendo testados para produzir membranas que combinam melhorias em termos acústicos, isolamento térmico, gestão da eficiência energética, controle da transmissão de luz, bem como fácil higiene e descontaminação. As estruturas de suporte em aço foram substituídas por cintas e cordas têxteis que



No caso brasileiro, o setor de edificações dispõe de uma vasta literatura que descreve a influência da tecnologia e inovação. Entre os estudos referendados e publicados no passado recente podemos citar:

- Em 2003, inserido no Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial¹², o Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), realizou estudo prospectivo da cadeia da construção civil no Brasil, considerando o horizonte 2003-2013. O estudo foi intitulado como “O Futuro da Construção Civil no Brasil: Resultados de um estudo da cadeia produtiva da construção habitacional no Brasil”;
- Em 2005, o Departamento Nacional (DN) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) publicou estudo “Setor de construção civil: segmento de edificações” desenvolvido pela área Unidade de Tendências e Prospecção (UNITEP) e os Departamentos Regionais do SENAI, bem como pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de São Paulo (USP);
- Em 2009, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) conceberam relatório denominado “Estudo Panorama de Construção Civil” como parte do Estudo Prospectivo Setorial da Construção Civil (EPS-CC);
- Em 2009, tivemos a publicação do Relatório Final Executivo do Projeto Inovação Tecnológica na Construção com autoria da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e da consultoria Núcleo de Gestão e Inovação (NGI);
- Em 2011, o Departamento Regional do Paraná do SENAI publicou o documento Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Roadmapping da Construção Civil 2020.

não só garantem o devido tensionamento, mas também são de fácil instalação e evitam problemas de corrosão. Uma combinação da pultrusão e tranas produz placas em compósitos que podem ser dobráveis e tensionadas para ganhar diferentes formatos.

¹² O programa foi coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e contou com o apoio da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Tecnológico (UNIDO).



A análise da literatura nacional permite identificar alguns temas em comum desses estudos. Em primeiro lugar, cabe destacar convergência no que diz respeito à industrialização do setor. O Estudo da USP de 2003 cita os pré-fabricados pesados e leves, o documento do DN do SENAI de 2005 denota a industrialização sutil, o estudo prospectivo setorial da ABDI e do CGEE de 2009 menciona os componentes industrializados para construção, bem como o Departamento Regional do SENAI no Paraná trata da industrialização do canteiro de obras.

Entretanto, de acordo com o Relatório Final Executivo do Projeto Inovação Tecnológica na Construção Civil, tecnologias como o sistema de vedação *drywall* ou sistema construtivo *steel framing* ainda não têm a escala desejável para sistemas com este grau de industrialização. O documento observa ainda que sistemas de fachadas pré-fabricadas para fachadas de edifícios residenciais ou banheiros prontos foram considerados inviáveis. Os principais entraves para a difusão dessas tecnologias estão na competição desigual devido à informalidade, na tributação dos sistemas industrializados, bem como na falta de conhecimento de projeto e construção.

Um segundo tema recorrente é a sustentabilidade na indústria da construção ou construção sustentável. A preocupação com a sustentabilidade surge de forma mais evidente no Brasil na década de 90 associada especialmente aos temas resíduos e energia¹³. O Roadmap¹⁴ tecnológico elaborado pelo CGEE com visão de futuro da indústria de construção civil para 2024 definiu a linha tecnológica “Sustentabilidade sócioambiental da construção”. As tecnologias indicadas nessa linha foram normalização para avaliação de sustentabilidade, análise de ciclo de vida de produtos e aproveitamento da energia solar são questões abordadas.

Nessa mesma linha, temos “Cadeias produtivas inovadoras e sustentáveis” que compõe uma das visões de futuro desejada para indústria paranaenses da Construção Civil. Para alcançar essa visão de futuro para 2020 foram identificadas técnicas, ferramentas e tecnologias como: E concepção; *Retrofit*; Desconstrução seletiva; *Softwares* de gestão de resíduos; Reuso e reciclagem de resíduos; Eficiência energética; Redução do consumo e reuso de água; entre outras.

¹³ Ver: SENAI/DN (2005)

¹⁴ Mapa de rotas

O uso da tecnologia da informação é um terceiro tema bastante presente na literatura. O DN do SENAI reproduziu trechos de um diagnóstico explicitado no Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído¹⁵. As principais tecnologias citadas foram: Extranets para gerenciamento de projetos; CAD 3D e realidade virtual; Sistemas de Informações Geográficas (SIG); Sistemas computacionais que integrem diferentes processos gerenciais; Sensores e hardware portátil para monitoramento e controle gerencial tecnológico; Desenvolvimento e aplicação de sistemas de automação e informação para operação e manutenção de edifícios.

O SENAI do Paraná também faz menção ao uso de ferramentas computacionais na construção civil. As aplicações dessas ferramentas seriam na gestão (Building Information Modeling, o CAD 4D, entre outros), na simulação de desempenho nas edificações e na gestão de resíduos.

Acrescentam-se dezenas de dissertações de mestrado e teses de doutorado realizadas por alunos das mais diversas instituições de pesquisa científica do País. Em geral, dissertações e teses possuem uma característica distinta dos estudos descritos acima, devido ao recorte específico do objeto de estudo. De toda forma, observamos que os temas industrialização, sustentabilidade e tecnologia da informação também são recorrentes neste tipo de literatura.

No próximo capítulo é apresentada a etapa de modelagem do estudo prospectivo. Esse instrumento será fundamental para garantir uma análise mais apurada das tendências tecnológicas que influenciarão a competitividade do setor de edificações.

5. Etapas do processo de construção em edificações

Conforme descrito por Sabbatini (1989), termos como técnicas, métodos, processos e sistemas são cheios de ambiguidade, especialmente no setor de construção civil. Talvez isso possa explicar por que não foram identificadas muitas publicações que representam através de um fluxograma o processo de construção de edifícios. Com

¹⁵ Realizado pela Associação Nacional do Ambiente Construído.

enfoque no estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios, Fabricio et al. (1999), utilizam o fluxograma abaixo – figura 3 – para exemplificar atividades de concepção e desenvolvimento do projeto de construção de edifícios.

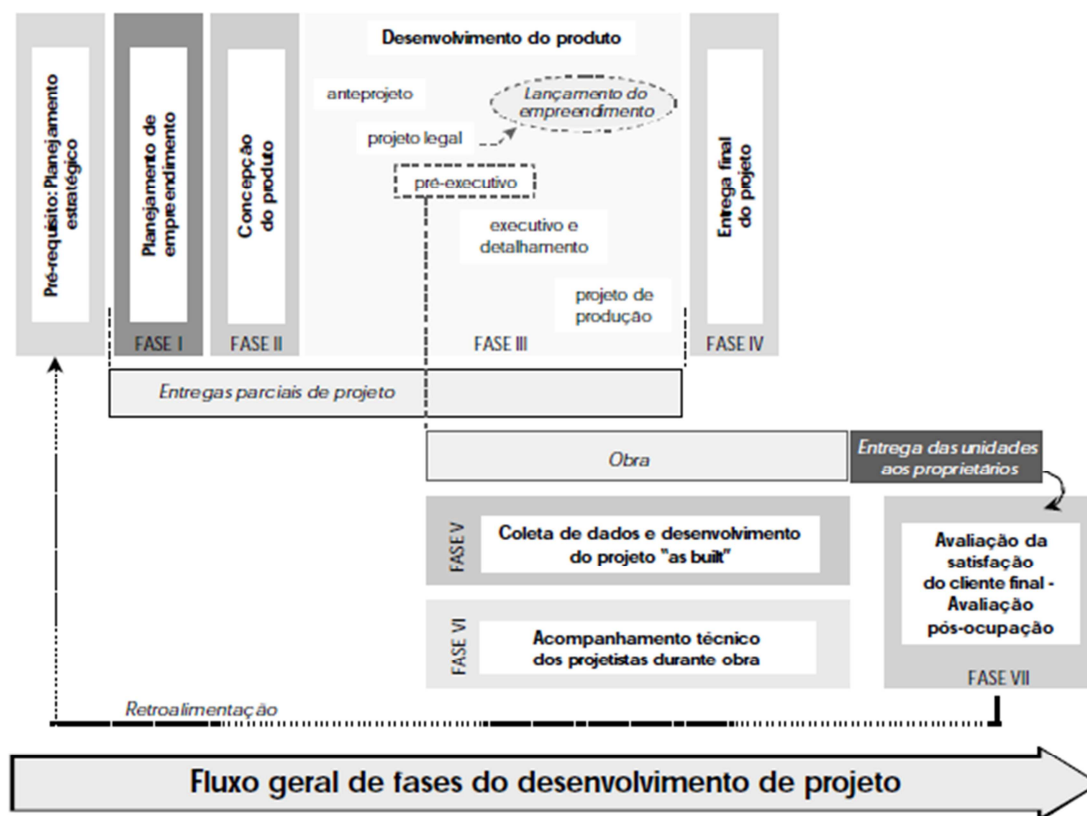


Figura 3 – Proposta para sequência do projeto
Fonte: Fabricio et al. (1999)

Dentro do escopo desejado nesse trabalho, Cleto (2006) utilizou a figura 4 para representar de forma simplificada os principais processos de produção de um edifício. Observa-se que ela incluiu as etapas de planejamento, projeto, execução, entrega do produto, uso e manutenção, bem como o pós-uso. Nesse ultimo caso, a autora referiu-se a demolição, reforma ou reciclagem.



Figura 4 – Representação simplificada dos processos de construção de um edifício

Cleto (2006)

Figueiredo (2009) utilizou a figura 5 abaixo para descrever um fluxograma dos principais processos envolvidos construção de um edificação de alvenaria estrutural. Nesse o fluxograma proposto possui um maior detalhamento da etapa de execução.

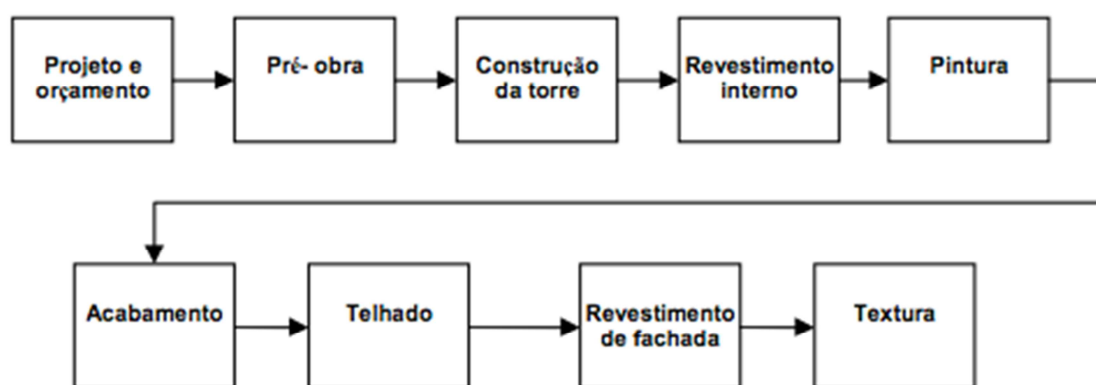


Figura 5 – Fluxo das principais etapas no processo de construção

Figueiredo (2009)

O objetivo dessa etapa é garantir que tenhamos informação suficiente sobre o objeto de estudo. Dessa forma, o grupo de trabalho composto por técnicos do Sistema FIRJAN, do Sinduscon-Rio e da CBIC elaborou como proposta o fluxograma apresentado na figura 6 abaixo contendo etapas da construção de um edifício. Cabe registrar que não é perspectiva do trabalho qualificar esse processo como linear; mas, sobretudo identificar as escolhas tecnológicas inerentes a cada uma das etapas da construção de um edifício.



Figura 6 – Etapas da construção de edifícios

6. Painel de especialistas no segmento de edificações

O painel contou com a participação de 17 especialistas¹⁶, incluindo representantes do setor industrial, de instituições científicas e tecnológicas e de entidades do setor, conforme o gráfico 1 e a figura 7. A partir do levantamento inicial de tecnologias realizado com base no levantamento bibliográfico, os



Gráfico 1 – Perfil dos especialistas

especialistas indicaram não só novas tecnologias, mas também priorizaram quinze tecnologias consideradas prioritárias para a competitividade do segmento de edificações. A análise dos resultados do painel também traz uma percepção dos especialistas quanto ao período de difusão (adoção ou utilização) das tecnologias no curto, médio e longo prazo.

¹⁶ Sem considerar os cinco representantes do Grupo de Trabalho Interno.



Figura 7 – Instituições com representantes no painel de especialistas

A relação total de tecnologias soma 261 tecnologias. A figura 8 mostra as tecnologias que receberam a indicação de pelo menos seis especialistas.

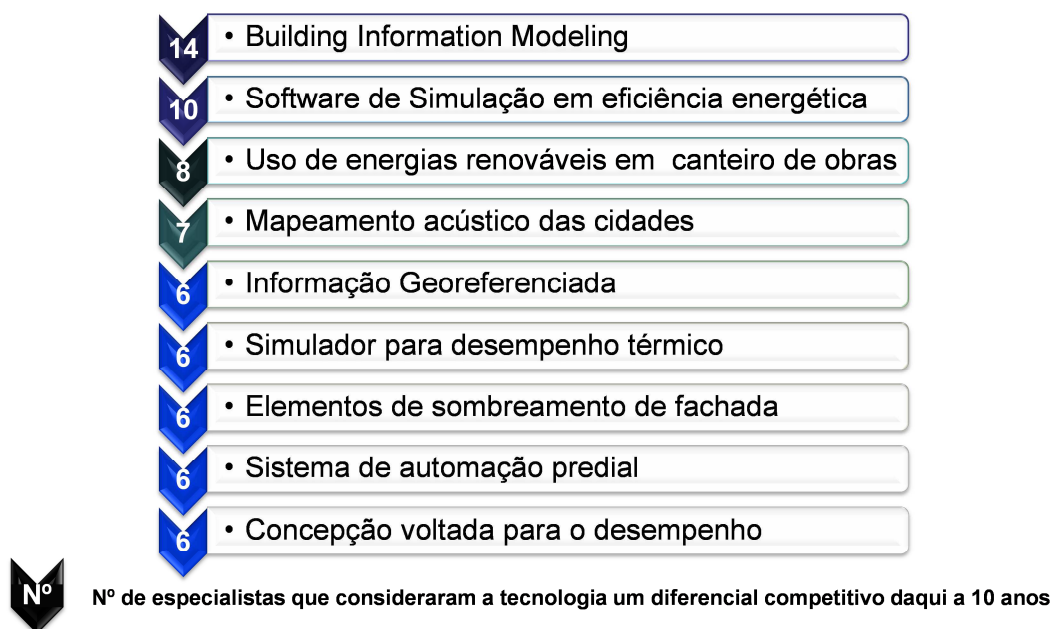


Figura 8 – Relação de tecnologias que receberam a indicação de pelo menos seis especialistas

Destaque para Building Information Modeling (BIM), que recebeu a indicação de 14 especialistas com perspectiva de difusão no médio prazo. Segundo *National Institute of Building Sciences*, o BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. A premissa básica do BIM é a colaboração de diferentes atores em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar as informações no BIM para apoiar e refletir os papéis das partes interessadas. Segundo Souza et. al (2009), o BIM é *"mais do que uma ferramenta para desenho, propicia ao arquiteto a possibilidade de conceber um projeto construindo seu modelo parametrizado, o que permite que visualize a volumetria, estime custos, quantifique e qualifique o material aplicado, observando e ajustando conforto ambiental e outros itens projetuais, e facilitando a comunicação entre os diversos profissionais integrantes do processo"*.

O uso de software para simulação da eficiência energética foi considerada um diferencial competitivo para 10 especialistas. Neste caso utiliza-se à modelagem computacional aliado ao conceito de eficiência energética. Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), *a eficiência energética envolve a redução do consumo de energia para níveis aceitáveis de conforto, qualidade do ar e outros requisitos ocupacionais, incluindo a energia utilizada de materiais para e na construção*. O Departamento de Energia dos Estados Unidos disponibiliza um diretório que fornece informações sobre 395 ferramentas de software para avaliar a eficiência energética, a energia renovável e a sustentabilidade em edifícios¹⁷. Os especialistas avaliaram que o uso de software para simulação de eficiência energética no Brasil deverá ocorrer no médio prazo.

Oito especialistas consideraram o uso de energias renováveis em canteiro de obras um diferencial competitivo para os empreendimentos construtivos em edificações. A classificação "energias renováveis" diz respeito a todas as formas de energia obtidas direta ou indiretamente do sol ou do calor gerado nas profundezas da Terra, incluindo quaisquer energias a partir do sol, vento, biomassa, geotérmica, e recursos hídricos (GVCES & IEDI, 2010). Na opinião dos especialistas, a perspectiva de difusão dessa tecnologia no mercado de construção de edifícios é de longo prazo.

¹⁷ Ver: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/



O mapeamento acústico das cidades foi indicado recebeu sete votos dos especialistas. Também denominado de mapeamento sonoro, essa tecnologia trata do uso de softwares que simulam o impacto das diversas fontes de ruído no novo empreendimento e dão subsídios para construtoras tomarem decisões de projeto que garantam o isolamento acústico do empreendimento. Os especialistas consideram que essa tecnologia permitirá as construtoras agregar maior conforto aos clientes e um ganho de qualidade para o produto.

Se, por um lado, essa prática já é utilizada em cidades de países desenvolvidos como o Japão; por outro, no caso brasileiro foi mencionado por um dos especialistas que atualmente não há o mapeamento estruturado ao nível de "cidade" e nem metodologia consolidada para o cálculo. Dessa forma, a análise das respostas dos especialistas permitiu indicar que essa tecnologia tem uma perspectiva de difusão de longo prazo.

As tecnologias informação georeferenciada, simuladores para o desempenho térmico, elementos de sombreamento de fachada, sistemas de automação predial e concepção baseada no desempenho receberam indicações de seis especialistas. A concepção voltada para o desempenho foi a única dessas tecnologias indicada com uma perspectiva de difusão no curto prazo. Ela tem como princípio a NBR 15.575 – Edificações Habitacionais: Desempenho da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tem sua exigibilidade a partir de 19/7/2013. Nessa norma foram contemplados requisitos mínimos de vida útil e de prazos de garantia para os sistemas que compõem os edifícios. Portanto, seus benefícios incluem: maior controle da eficiência na construção; melhoria da qualidade das construções e; o produto passa a ser orientado para a satisfação do cliente/usuário.

Com uma perspectiva de difusão de médio prazo, a tecnologia de informação georeferenciada trata de um sistema de manejo de base de dados computadorizados projetado para coleta, armazenamento, análise e visualização de dados espaciais¹⁸. As considerações dos especialistas são de que essa tecnologia propicia análises detalhadas entre a obra que se vai projetar e o entorno imediato (topografia, ocupação do solo, etc.).

¹⁸ Informação disponível em: < http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0721382_10_cap_03.pdf > Data de acesso: 15/02/2013

As soluções de sombreamento de fachada trata uso de elementos o revestimento externo da edificação, juntamente com invólucro de vidro de muitos edifícios¹⁹. É de primeira importância no desenho bioclimático de edifícios que procura dispor de uma fachada que atue como um filtro entre o interior e o exterior. Alguns exemplos de elementos de sombreamento mencionados pelos especialistas foram os brise-soleil²⁰, - *que tradicionalmente é remetido à sua forma tradicional em concreto armado, pode ser um elemento de valorização e dinamização compositiva valorizando o caráter tecnológico do edifício construído*²¹ - e os painéis solares fotovoltaicos semitransparentes. A análise dos especialistas é de que essa tecnologia deverá ser adotada pelas empresas no médio prazo.

O simulador para desempenho térmico consiste em um modelo computacional dos processos de trocas térmicas de uma edificação. Alguns exemplos de programas de simulação térmica citadas na literatura são: Energy Plus (BLAST + DOE-2), DesignBuilder, Blast, DOE-2, Ecotect, Arqdrop, entre outros. Segundo a análise dos resultados do painel o uso desse simulador pelas construtoras de edificações deverá ocorrer no médio prazo. Através da simulação térmica é possível otimizar o desempenho térmico do edifício.

Os sistemas de automação predial são aqueles que utilizam a tecnologia para diminuir os custos operacionais, eliminar os desperdícios e criar uma infraestrutura adequada para aumentar a produtividade dos usuários. A rede de comunicação deverá integrar de uma forma eficiente, simples e no menor custo possível, os diversos subsistemas utilizados na automação em residências e edifícios públicos ou privados: iluminação, segurança, ar condicionado, áudio e vídeo, cortinas e persianas, telefonia, irrigação e internet²². O diferencial competitivo para as construtoras que utilizarem sistemas de

¹⁹ Informação disponível em: < <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/331475/1/Dissertacao.pdf> >
Data de acesso: 10/02/2013

²⁰ O brise-soleil ou quebra-sol é um dispositivo de proteção solar, constituído por uma ou mais lâminas, geralmente paralelas, externas à edificação.

²¹ Informação disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.131/3844> >
Data de acesso: 06/05/2013

²² Informação disponível em: < <http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/754/sistema-automacao-iluminacao-predial-baixo/> > Data de acesso: 03/04/2013

automação predial incluem não só maior conforto e praticidade para os usuários das edificações, mas também eficiência, segurança e economia.

É importante denotar que não houve convergência dos especialistas quanto à perspectiva de adoção dos sistemas de automação predial pelo setor. Três especialistas consideram que isso deverá ocorrer no longo prazo, dois especialistas apontam o longo prazo e um especialista indicou o médio prazo.

Outras tecnologias que receberam pelo menos três indicações de especialistas foram:

- Drywall: É um sistema utilizado na execução de paredes, revestimentos e forros (estruturados, aramados e removíveis), formado pelo aparafusamento de painéis em estrutura de aço galvanizado. Os painéis são dispostos em quatro formas: *Standart* (para ambientes secos), Resistente a umidade (para paredes úmidas), Resistente ao fogo (para atender a normas específicas de resistência ao fogo) e Cimentícia (para ambientes externos, exposto a grande umidade).²³;
- Light Steel frame: *"Trata-se de um sistema caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado formados a frio, bastante esbeltos e que compõem sua estrutura. Esse sistema trabalha em conjunto com subsistemas leves (acabamento, cobertura, etc.), também racionalizados, proporcionando uma construção industrializada, com grande rapidez de execução e a seco"*²⁴;
- Reuso de água cinza: *"As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. A configuração básica de um sistema de utilização de água cinza seria o sistema de coleta de água servida, do subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), da unidade de tratamento da água (por exemplo, gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação"*²⁵;

²³ Informação disponível em: < <http://engenharia.anhembi.br/tcc-07/civil-22.pdf> > Data de acesso: 18/01/2013

²⁴ Informação disponível em: < http://www.construmetal.com.br/2008/downloads/PDFs/2_Alexandre_Santiago_Construmetal-STEEL_FRAMING_COMO_FECHAMENTO_EXTERNO.pdf > Data de acesso: 20/01/2013

²⁵ Para saber mais, ler Fiori et. al (2004)

- Sistemas de comissionamento: *"É o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário. Pode ser definido como identificar problemas de operação e manutenção nos sistemas e componentes, melhorar o conforto ambiental, otimizar o uso de energia, atualizar o maquinário, etc., de modo a adequar os sistemas da edificação com seu uso atual, usando os projetos iniciais apenas como referência"*²⁶;
- Simuladores para desempenho das instalações prediais: *"Este, como o próprio nome menciona, irá "simular" a operação das instalações prediais do empreendimento em função dos parâmetros de projetos, gerando dados "previstos" de desempenho e consumo energético dos sistemas e equipamentos, com o objetivo de auxiliar a busca de soluções eficientes, ainda na fase de desenvolvimento ou definição da concepção inicial dos projetos"*²⁷;
- Aplicação de realidade aumentada em processos de construção: *"A realidade aumentada lida com a adição de elementos virtuais (gerados por computador) ao ambiente real (relativo ao mundo físico, no qual os usuários do sistema vivem) em tempo real, num mesmo meio"*²⁸. Nesse enfoque aplica-se o conceito de realidade aumentada para auxiliar o processo de construção;
- Estruturas mistas de aço-concreto: São aquelas formadas por componentes de aço e de concreto, armado ou não, trabalhando em conjunto. O concreto pode ser de densidade normal ou de baixa densidade, exceto quando alguma restrição for feita em parte específica da Norma NBR 8.800/2008;

²⁶ Informação disponível em: <

<http://sei.ipog.edu.br:8090/upload/arquivo/926/Unidade05RETROFITONU.pdf> > Data de acesso: 18/02/2013

²⁷ Informação disponível em < http://www.cte.com.br/site/artigos_ler.php?id_artigo=1250 > Data de acesso: 20/02/2013

²⁸ Informação disponível em: <

http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2007/Teses/AMIM_RR_07_t_M_int.pdf > Data de acesso: 22/02/2013

- Pisos funcionais: Pisos com características especiais de desempenho acústicos, anti-estáticos, antiderrapantes, antiescorregamento, entre outros²⁹;
- Coordenação Modular: *"É definida como um método ou abordagem de projeto, com elementos construtivos dimensionados a partir de uma unidade de medida comum. A unidade, chamada de módulo, define as dimensões e proporções dos elementos, estabelecendo uma relações de dependência entre eles e o produto final, a edificação"*³⁰.
- Retrofit: *"É a troca ou substituição de componentes ou subsistemas específicos de um edifício que se tornaram inadequados ou obsoletos, seja pelo passar do tempo, ou em função da evolução tecnológica ou de novas necessidades dos usuários."*³¹.

Os especialistas também avaliaram o estágio das ações – artigo, pesquisa aplicada ou comercial – envolvendo as tecnologias priorizadas. O mapeamento acústico das cidades foi a única tecnologia que recebeu um número expressivo (três) de indicações de especialista para o estágio de artigo acadêmico, porém dois especialistas avaliaram-na como pesquisa aplicada e outros dois no estágio comercial. Com base nas indicações recebida no Painel, não foi possível estabelecer um estágio específico para as tecnologias: Informação Georeferenciada; Sistemas de comissionamento; Concepção voltada para o desempenho e; Retrofit. Essas tecnologias receberam o mesmo número de indicações para os estágios pesquisa aplicada e comercial. A figura 9 apresenta a percepção dos especialistas para o estágio das ações envolvendo as demais tecnologias.

²⁹ Informação disponível em: < <http://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-006/Aulas2003/Arquivos/TG06-AULA1.pdf> >
> Data de acesso: 23/02/2013

³⁰ Informação disponível em: < <http://www.usp.br/nutau/CD/86.pdf> > Data de acesso: 26/01/2013

³¹ Informação disponível em: < http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Aulas/=-utf-8-b-gxvsysa4iefvvcaymjegumv0cm9maxqgzgugzwrpszoty2lvcy > Data de acesso: 10/02/2013



Pesquisa Aplicada

- Uso de energias renováveis em canteiro de obras
- Aplicação de realidade aumentada em processos de construção
- Simulador para desempenho térmico
- Simulador para desempenho de instalações prediais
- Pisos funcionais
- Sistema de regeneração e cogeração de energia
- Coordenação modular



Comercial

- Building Information Modeling
- Sistema de automação predial
- Reuso de água cinza
- Software de simulação em eficiência energética
- Light Steel Frame
- Estruturas Mistas de Concreto
- Drywall

Figura 9 – Estágio de desenvolvimento das tecnologias

7. Considerações finais

Observamos uma forte convergência no cenário americano, canadense e europeu para industrialização do processo de construção em edificações. Os documentos americanos e canadenses também chamam atenção para a automação e a robotização do processo construtivo. Esse últimos tópicos específico não aparecem de forma explícita no âmbito FP7 da Comissão Europeia.

Os documentos europeu e canadense destacam também o desenvolvimento de novos materiais. De fato, estão sendo conduzidas pesquisas que visam o desenvolvimento de materiais e componentes que ambicionam uma vida mais longa, propriedades antibactericidas e antipoluentes. Com esse propósito, a nanotecnologia se torna um

importante instrumento com desenvolvimento em telhas, argamassas, revestimentos, tintas, vidros, entre outros³².

No caso brasileiro, as análises da bibliografia e dos resultados do Painel de Especialistas permitem realização de algumas inferências. A etapa de projeto como principal fonte indutora das tecnologias consideradas prioritárias. Considerando as treze tecnologias consideradas mais importantes por pelo menos cinco especialistas, seis estão diretamente relacionadas a essa fase. Nesse sentido, destacam-se: *Building Information Modeling* (BIM); Software de simulação em eficiência energética; Simulador para desempenho térmico; Concepção voltada para o desempenho; Simulador para desempenho de instalações prediais; Aplicação de realidade aumentada em processos de construção e; Coordenação modular.

Como já observado na literatura, a sustentabilidade também ganha destaque em diversas tecnologias. Além dos simuladores citados na etapa de projetos, foram também indicadas tecnologias como: Uso de energias renováveis; reuso de água cinza; *Retrofit*; Estudo de Impacto Ambiental; Método de desconstrução técnica; elementos de sombreamento; painéis fotovoltaicos; entre outras.

As tecnologias consideradas prioritárias denotam um reflexo da Norma de Desempenho recém-publicada. Isso pode ser observado nas tecnologias: Concepção voltada para o desempenho; Na questão dos revestimentos, com os pisos funcionais (acústicos, antiestáticos, antiderrapantes, antiescorregamento, entre outros); e na questão acústica com simuladores para desempenho e com mapeamento das cidades.

Por fim, cabe ressaltar que a expectativa dos especialistas presentes no painel denota que a difusão das tecnologias priorizadas está no médio-prazo, conforme observamos na figura 10. Tecnologias como *retrofit* e os sistemas de automação predial não aparecem no gráfico, pois não houve uma convergência dos especialistas quanto à sua perspectiva de difusão.

³² Ver: <http://www.centrohabitat.net/PageText.aspx?id=14641>

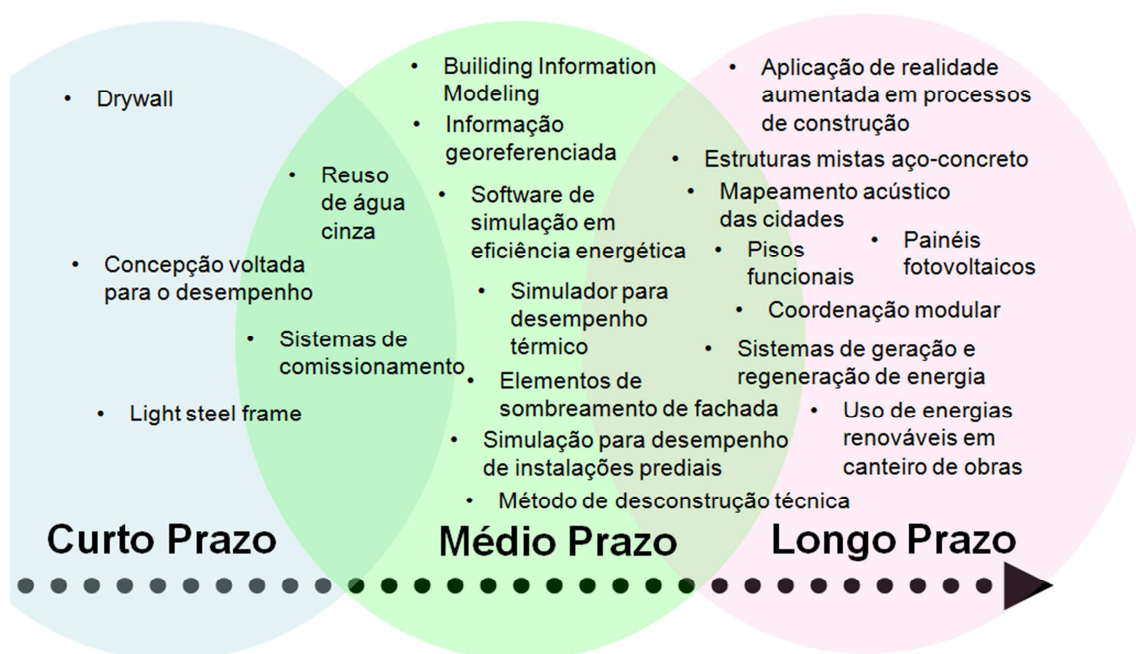


Figura 10 – Perspectiva de difusão das tecnologias

8. Recomendações

A prospecção tecnológica é uma ferramenta na predição de futuros que apoiará escolhas dos gestores de empresas, de instituições governamentais e de entidades setoriais. Ela fundamenta estratégias competitivas das empresas, orienta a formulação de políticas industriais e alicerça bancos e instituições de fomento governamentais em suas escolhas de investimento de longo prazo.

Nesse sentido, é importante ressaltar que a expectativa de difusão das tecnologias identificada a partir da percepção conjunta dos especialistas obtida no painel pode ser antecipada caso atores importantes nesse sistema adotem medidas para tal fim. Dessa forma, seguem algumas recomendações para apoiar esse processo:

- **Realizar uma linha de ação específica para o setor de edificações da construção civil pelo Núcleo Regional de Inovação do Sistema FIRJAN no âmbito da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI).** A MEI proverá cursos de capacitação em gestão da inovação, consultoria aos empresários na elaboração do plano de ação em inovação e, finalmente, conduzir-se-á concretamente a elaboração



de projetos de inovação. Assim, as tendências indicadas acima estarão contempladas nos planos e projetos das empresas.

- **Garantir linhas de financiamento nos modelos não reembolsável e reembolsável com juros subsidiados para as tecnologias consideradas prioritárias pelos especialistas.** A FINEP, no âmbito do Plano Inova Empresa, lançou uma Seleção Pública que visa conceder recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos inovadores nos temas “Construção Sustentável” e “Saneamento Ambiental”. É preciso **garantir recursos para todas as etapas do projeto de inovação** – da pesquisa aplicada à sua inserção no mercado.

- **Elaborar estratégias em termos política industrial para garantir a difusão das tecnologias indicadas em estágio comercial.** Bons exemplos dessa questão estão no *Light Steel framing* e nas Estruturas mistas de aço-concreto; pois, segundo os especialistas, o preço do aço dificulta sua adoção pelo segmento de edificações, em especial, para obras residenciais .

- **Realizar pesquisa estruturada para avaliar a difusão das tecnologias** indicadas no painel de especialistas, bem como **os principais gargalos para seu uso** no segmento de edificações. Essa ação está em curso através do projeto “Estratégias de apoio à indústria da Construção Civil”.

- **Avaliar infraestrutura laboratorial, capacitar equipe técnica e desenvolver tecnologias** que corroborem para o atendimento do setor aos requisitos solicitados na **Norma de Desempenho**.

Referências bibliográficas

ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L. R. A. (2003) O futuro da construção civil no Brasil – Resultados de um estudo de prospecção tecnológica da cadeia produtiva da construção habitacional. São Paulo: 2003.132p.

ABIKO, A. K. (2005) Setor de construção civil: segmento de edificações. Série Estudos Setoriais. Brasília, SENAI/DN, 2005.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (2009) Relatório Prospectivo Setorial: 2009. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009.

CLETO, F. R. (2006) Referências tecnológicas para a construção de edifícios. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da USP, São Paulo.

DALKEY, N. C. (1969). An experimental study of group opinion. Futures, 1 (5), 408-426.

DUARTE, D. (2011) Retrofit/Reabilitação: Edifícios e áreas urbanas. Informação disponível em: < http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/ > Data de acesso: 10/02/2013

FERREIRA, M. S. ; BREGATTO, P. R. ; DAVILA, M. R. (2008) Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade. In: NUTAU2008-7o. Seminário Internacional-Espaço Sustentável:Inovações em Edifícios e Cidades, 2008, São Paulo. NUTAU-2008 Anais do 7o. seminário Internacional. São Paulo: NUTAU-USP, 2008.

FIORI, S., FERNANDES, V., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 19-30, jan./mar.2006.

FIGUEIREDO, L. (2009) Planejamento e programação de um projeto de construção civil. 2009. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da USP, São Paulo.

FGV/GVCES; IEDI (2010b) Tendências e oportunidades na economia verde: energias renováveis. Informação disponível em: < http://gvces.com.br/arquivos/145/IEDI_GVces_energia_renovavel.pdf > Data de acesso: 19/02/2013

KUPFER, D.; TIGRE, P. (2004) Prospecção tecnológica. In: CARUSO, L.A.; TIGRE, P.B. (Orgs.). Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. Montevideo. OIT/CINTERFOR, 2004.

POPPER, R. (2008) Foresight Methodology, in Georghiou, L., Cassingena, J., Keenan, M., Miles, I. and Popper, R. (eds.), The Handbook of Technology Foresight, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 44-88.

ROSEMAN M.; ELO GROUP (2009) Modelagem de processos: questões atuais e desafios futuros. Informação disponível em: < http://www.elogroup.com.br/download/MR006_Modelagem_de_Processos.pdf > Data de acesso: 12/01/2013

SABBATINI F. H. (1989) Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

SANTOS, M.M.; COELHO, G.M.; SANTOS, D.M.; FELLOWS, L. Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. Revista **Parcerias Estratégicas**, nº 19, 2004.

SARITAS, O.; AYLEN, J. (2010) Using scenarios for roadmapping: The case of clean production, Technological Forecasting and Social Change, vol. 77, issue 7, pp. 1061-1075.

SENAI/PR (2011) Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense: Roadmapping da Construção Civil 2020/ Marília de Souza (org.), Fabiana Cristina de Campos Skrobot (org.), Ana Paula Costa de Oliveira Kamizi, Cristina de Souza Rossetto, Luciano Ferreira Gabriel, Maicon Gonçalves Silva. – Curitiba: SENAI/PR, 2011

SOUZA, L; LYRIO, A.; AMORIM, S. (2009) Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. In: IV ENCONTRO DE TECNOLOGIA E COMUNICACAO NA CONSTRUCAO CIVIL, 2009, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro, 2009.

Sistema
FIRJAN



INFORMA,
FORMA,
TRANSFORMA.