

PERCEPÇÃO DE ARQUITETOS BRASILEIROS SOBRE A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA ARQUITETURA

Ísis Portolan dos Santos – isisporto@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico

Ricardo Rüther – ruther@mbox1.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil

Resumo. A tecnologia fotovoltaica é um modo de integrar a geração de energia junto às edificações. Para que isto aconteça é necessário que os arquitetos também participem do planejamento das instalações fotovoltaicas buscando a adequação da tecnologia às características das edificações. Em vista da legislação brasileira que permite a conexão à rede de sistemas fotovoltaicos em unidades consumidoras, em breve poderá haver vários edifícios com integração fotovoltaica no Brasil. Assim o objetivo deste trabalho é identificar a percepção dos arquitetos brasileiros sobre a integração fotovoltaica à arquitetura. Este trabalho foi desenvolvido a partir de questionários enviados a arquitetos de todo o Brasil com perguntas sobre o nível de conhecimento dos arquitetos sobre a tecnologia fotovoltaica e suas preferências para uma integração com qualidade formal. As respostas ao questionário abrangeram profissionais de todas as regiões brasileiras atingindo arquitetos atuantes na prática profissional e também professores e pesquisadores. Observou-se que a metade dos pesquisados tem conhecimento sobre a energia fotovoltaica, mas desconhece seu uso específico na arquitetura. Em relação aos conhecimentos necessários para a utilização da tecnologia e às características formais da integração, os arquitetos tiveram interesse nos vários aspectos apresentados, demonstrando que estão interessados em saber mais sobre o modo de integração à arquitetura. Os arquitetos pesquisados também demonstraram forte preocupação sobre o funcionamento técnico dos módulos, indicando que o máximo aproveitamento da radiação solar é uma premissa para utilizar a tecnologia nas edificações. Quanto à composição arquitetônica, os arquitetos preferem integrações mais discretas, com pouca visualização/identificação dos módulos na edificação. Assim, foi possível concluir que os arquitetos brasileiros estão abertos a várias opções de integração da tecnologia fotovoltaica, mas necessitam de maior conhecimento sobre a posição de instalação e o recebimento da radiação solar, para que possam projetar sistemas fotovoltaicos com consciência de quanto suas ações interferem no desempenho da tecnologia.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, integração fotovoltaica à arquitetura, arquitetos.

1. INTRODUÇÃO

As preocupações com a sustentabilidade do planeta têm refletido também em mudanças nas edificações. Os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia primária nos países desenvolvidos (Geller, 2003), que comumente utilizam combustíveis fósseis para geração de energia. Deste modo, a consciência ambiental está sendo aos poucos incorporada ao projeto e ao uso das edificações, onde os arquitetos desempenham um papel fundamental na inserção destas tecnologias. Neste contexto os BIPV (building integrated photovoltaics ou edifícios com integração fotovoltaica) são uma opção de tornar as edificações menos impactantes ao meio ambiente (Iea, 1995).

Os BIPV são instalações da tecnologia fotovoltaica (FV) nas edificações de forma que componham parte do envelope da mesma devendo, portanto, ser projetados com a participação de arquitetos. A integração em edificações permite que não sejam utilizadas áreas livres para a geração de energia, mas sim a utilização de áreas já ocupadas, o que é interessante para regiões demográficas densas como os centros urbanos. Em locais com alto consumo energético para condicionamento de ar para climatização, os BIPV possibilitam também a coincidência entre o pico de geração e o pico de consumo, nos horários próximos ao meio dia (Iea, 1995). Outro fator que estimula os BIPV é a possibilidade dos módulos serem utilizados como parte do envelope, ocorrendo uma diminuição do custo da instalação FV já que pode substituir outros materiais de acabamento, como os materiais nobres que também têm custos elevados (Kaan e Reijenga, 2004).

Segundo Hagemann (2004) um BIPV de sucesso seria aquele que proporcionasse a adequada inter-relação entre as questões estéticas, elétricas e construtivas. As integrações que ocasionam resultados desagradáveis normalmente provêm da falta de conhecimento da tecnologia FV ou do funcionamento da edificação por parte dos projetistas. Com a diversidade de aparências e formas da tecnologia são possíveis integrações dos modos mais diversos, chegando inclusive a integrações neutras, onde os módulos não são perceptíveis e podem substituir os materiais de vedação.

Neste sentido, têm surgido algumas pesquisas sobre a percepção e o conhecimento dos arquitetos sobre a inserção desta nova tecnologia nas edificações. Uma pesquisa europeia (Munari Probst e RoeweckeR, 2007) apresentou um estudo sobre a percepção de arquitetos e engenheiros civis sobre a integração dos coletores solares nas edificações. Este estudo comenta que há uma dificuldade de integração arquitetônica dos coletores solares, o que pode ser uma barreira para a

disseminação e aceitação desta tecnologia. Para identificar as dificuldades da integração Munari Probst e Roecker (2007) questionaram os profissionais sobre a qualidade de algumas integrações de sistemas solares térmicos à arquitetura. No geral os arquitetos apontaram quatro itens fundamentais para a integração de qualidade: o uso dos coletores térmicos como material de construção; a definição do posicionamento e tamanho do sistema de acordo com a fachada e a cobertura como um todo; cores e materiais dos coletores similares ou iguais aos outros materiais que irão compor a edificação e o entorno; e o tamanho e forma seguindo a malha que rege a composição da edificação. Estes itens salientados pelo trabalho de Munari Probst e Roecker (2007) mostram a importância da escolha do produto certo para cada projeto, e também a necessidade de conhecimento do arquiteto para que explore todas as características dos coletores como material construtivo e garanta o seu funcionamento adequado.

No Brasil a utilização da tecnologia fotovoltaica junto à edificação ganhou um reforço recente através da Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Esta resolução dispõe sobre o modo de conexão à rede de sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, dividindo-os em micro e minigeradores (Aneel, 2012). Esta resolução também determina que a conexão à rede seja feita exclusivamente através de uma unidade consumidora, o que incentiva diretamente a instalação junto às edificações, que são unidades consumidoras de energia. Com este importante avanço para a disseminação da tecnologia fotovoltaica no Brasil os arquitetos vão ser solicitados a participar deste processo, contribuindo em projetos de inserção de sistemas fotovoltaicos em edificações existentes e na proposta de novas edificações com integração fotovoltaica. Deste modo, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise sobre como os arquitetos brasileiros se posicionam sobre a tecnologia fotovoltaica e quais suas percepções sobre a composição arquitetônica e o desempenho do sistema fotovoltaico.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando uma pesquisa na forma de questionários aplicados pela internet com arquitetos brasileiros. O foco da pesquisa foi trabalhar somente com arquitetos (excluindo engenheiros civis e usuários das edificações), já que o objetivo estava direcionado ao processo de integração dos módulos fotovoltaicos na composição arquitetônica. Outra razão foi a de que a pesquisa similar, de Munari Probst (2007), ter observado que as respostas dos arquitetos apresentaram maior uniformidade, enquanto os engenheiros apresentaram maiores divergências entre suas opiniões, dificultando o reconhecimento de suas preferências. Lawson (2005) também comenta que os arquitetos e designers possuem um modo de pensar único, que os difere dos engenheiros e de seus clientes, sendo capazes de fornecer soluções e produtos que satisfaçam, e até superem, as necessidades e condicionantes apontadas por seus interlocutores, sejam usuários ou profissionais.

O questionário foi elaborado buscando identificar quais os conhecimentos os arquitetos brasileiros já possuem sobre a tecnologia fotovoltaica e quais conhecimentos que eles desejariam ter para que passassem a utilizar a tecnologia em seus projetos. O questionário também apresentou aos arquitetos alguns tipos de integrações fotovoltaicas para que os profissionais as classificassem de acordo com suas preferências em relação à composição arquitetônica da integração dos módulos na edificação. O público alvo dos questionários foram arquitetos formados, divididos entre profissionais autônomos, estudantes de pós-graduação, professores de arquitetura, e estudantes de arquitetura. Para seleção dos grupos de pesquisa foram utilizados os grupos propostos por Pedrini (2003) em sua pesquisa sobre a integração das estratégias de eficiência energética no processo de projeto de arquitetura.

O questionário é uma ferramenta comumente utilizada nas pesquisas das ciências sociais, buscando fazer a caracterização de uma amostra da população a ser estudada. Günther (2003) salienta que o questionário é útil por identificar a opinião e interesse da população. Buscando atingir maior índice de respostas, o questionário foi estruturado com perguntas estritamente profissionais (para não criar constrangimentos com assuntos pessoais) e explicando a afiliação da proponente da pesquisa (na época aluna de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina). Outro elemento trabalhado para aumentar a taxa de respondentes foi a minimização do custo de resposta: assim os questionários foram enviados por e-mail, podendo ser respondidos de forma on-line com envio de resposta automática através do JotForm (Interlogy, 2011), ao contrário de um questionário em papel que necessitasse de envio pelo correio.

O público alvo foi selecionado a partir de sites de profissionais onde arquitetos podem divulgar seu endereço eletrônico para contatos de trabalho (www.arquitetura.com.br; www.revestir.com.br; www.construtek.com.br; www.portaldoarquiteto.com.br; www.exeplan.com.br). Também foram buscados respondentes no site nacional e estaduais do IAB (Instituto dos Arquitetos do Brasil). A seleção dos profissionais priorizou profissionais localizados nas capitais dos estados, já que, por trabalharem em cidades maiores, também podem ter maior possibilidade de contar e utilizar novas tecnologias. Em alguns estados não foi encontrado arquiteto em nenhum dos sites; nestes casos foi feita uma procura no Google (arquiteto + nome do estado) selecionando um mínimo de 10 profissionais por estado, com exceção do estado do Acre, onde não foi encontrado nenhum contato (e-mail) de arquiteto. Também foram selecionados para o envio das entrevistas os endereços eletrônicos de professores de arquitetura, pela sua experiência com análise de projetos. Foram selecionados e-mails dos professores de arquitetura da UFSC (local do grupo de pesquisa em energia solar fotovoltaica) e também da Universidade de São Paulo - USP, estes pela localização na maior capital brasileira e os primeiros pela expressividade do grupo de pesquisa em sistemas fotovoltaicos atuando na UFSC.

Esta pesquisa ocorreu durante os anos de 2011 e 2012 e segundo o Confea, em janeiro de 2011 existiam 99.180 arquitetos no país; assim pretendeu-se neste trabalho atingir cerca de 1% deles (1000 envios de formulários), esperando

obter cerca de 15% de respostas. Cartana (2006) trabalhou com uma pesquisa similar e recebeu de 15 a 48% de respostas, sendo o percentual de 15% obtido com o mesmo público alvo desta pesquisa, os arquitetos autônomos.

A decisão do envio dos questionários por e-mail foi feita pela necessidade de taxas de respostas satisfatórias (em comparação a pesquisas enviadas pelo correio), praticidade e minimização de custos. Estudos nesta área mostram que algumas estratégias podem ser adotadas para aumentar os índices de respostas aos questionários on-line, já que os níveis de resposta a formulários on-line costumam ser menores do que aqueles em papel, isto porque os respondentes podem considerar os e-mails como lixo eletrônico (spam). Para minimizar estes problemas Kaplowitz et al. (2004) apontam que e-mails enviados antes da pesquisa em si, e também contatos após a pesquisa, lembrando a mesma, podem aumentar as taxas de respostas, chegando a 30%. Millar e Dillman (2011) aprofundam a pesquisa, já utilizando contatos antes e depois do envio do questionário, e pesquisam as taxas de resposta para formulários que utilizam dois meios para aplicação da pesquisa: correio em papel e e-mail, e também incentivos financeiros. Esta última pesquisa foi aplicada a estudantes universitários e atingiu os maiores níveis de resposta (46,5%) em questionários aplicados com primeiro contato em papel, dando a opção ao entrevistado de escolher seu modo de resposta, se em papel ou e-mail e posteriormente lembrando-o por e-mail da sua participação na pesquisa. O referido estudo concluiu que a utilização de dois meios em conjunto na mesma pesquisa (correio em papel e e-mail) produz a maior diferença estatística nas taxas de resposta, assim como a bonificação financeira pela participação. De acordo com estes estudos, (Kaplowitz et al., 2004; Millar e Dillman, 2011) o ideal seria um questionário aplicado em três etapas, com contato inicial (oferecendo a opção em papel e e-mail), envio da pesquisa e um terceiro contato para lembrar a sua participação e ainda uma recompensa financeira ou material. Visando atingir índices de resposta próximos destas pesquisas e considerando as características dos usuários e a viabilidade da presente pesquisa, foram adotadas as seguintes estratégias: utilizar os três contatos com os entrevistados; o modo de contato somente por e-mail, mas fornecendo a opção de resposta, pelo correio, para aqueles que assim o desejassem e também a bonificação material pela participação através do envio de um livro sobre o tema (energia solar fotovoltaica).

Os três momentos de pesquisa foram um contato inicial, o envio do questionário e um contato posterior para enfatizar a pesquisa. No primeiro contato foi apresentada a pesquisa e avisado que após uma semana seria enviado o link com o questionário a ser respondido. No segundo contato foi novamente apresentada a pesquisa e enviado o link do questionário. Um mês após o segundo contato (cerca de cinco semanas após o primeiro contato) foi enviado um novo e-mail de reforço para solicitar as respostas aos entrevistados. O benefício material de incentivo às respostas foi um exemplar do livro Edifícios Solares Fotovoltaicos (Rüther, 2004), de autoria do coordenador do grupo de pesquisa do qual este trabalho é integrante.

Anteriormente à aplicação da pesquisa, o questionário também foi submetido à aprovação do CEPESH (Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos) da UFSC. Nesta submissão foi esclarecido que esta pesquisa não apresentava risco de saúde ou integridade física aos usuários, já que tratava apenas de questões sobre a opinião ou o conhecimento dos profissionais, além de ser anônimo. O parecer do CEPESH foi favorável à aplicação da pesquisa, conforme o protocolo 2307/11. O processo de aplicação do questionário teve duração de cerca de dois meses após a aprovação pelo Comitê de Ética. Neste período ocorreu o contato com os entrevistados, o envio dos questionários on-line, o reforço à participação e mais três semanas de aguardo das respostas. Após este período o link de acesso ao questionário foi cancelado.

As perguntas do questionário buscaram identificar quais as questões que levam à pouca ou a não utilização da tecnologia solar FV pelos arquitetos brasileiros e como incentivar a mudança deste cenário. Como a falta de informação sobre a tecnologia é uma barreira à disseminação da mesma (Iea, 2010), buscou-se identificar quais as maiores dúvidas dos arquitetos.

A pesquisa foi estruturada do assunto geral para o específico, para que o entrevistado entrasse gradualmente em contato com as características da tecnologia e foi feita na forma de entrevista estruturada (com perguntas diretas sobre o tema de interesse), um dos meios mais trabalhosos, porém mais rico na obtenção de dados (Lüdke, 1986). O questionário foi montado com perguntas fechadas, onde o entrevistado escolheu uma das alternativas propostas (Freixo, 2009), mas também possibilitou um espaço para observações, que poderiam ser preenchidas pelo usuário.

O questionário foi composto de três partes principais: conhecimento existente sobre o tema; dúvidas e necessidades de novos conhecimentos; e preferências de integração arquitetônica.

Na primeira parte da pesquisa buscou-se identificar o conhecimento prévio que o profissional já possuía sobre a tecnologia fotovoltaica. Após esta pergunta foi acrescida uma breve definição da tecnologia FV, explicando o funcionamento e as possibilidades da mesma. Esta definição foi incluída no questionário para fornecer as informações básicas aos entrevistados para que, mesmo sem nenhum conhecimento prévio sobre a tecnologia, eles pudessem responder o restante das perguntas. Esta parte também foi elaborada em respeito ao entrevistado, não lhe exigindo um conhecimento específico, o que poderia causar uma impressão negativa e diminuir as taxas de resposta.

A segunda parte do questionário foi composta de uma questão indagando sobre quais os conhecimentos necessários para que a tecnologia FV fosse mais utilizada pelos arquitetos. A questão apresentou opções para ser respondida em ordem de relevância em cinco níveis. Também foi incluída uma pergunta sobre a etapa do projeto de arquitetura em que as informações sobre a tecnologia fotovoltaica seriam necessárias. As etapas de projeto foram listadas segundo a NBR de Elaboração de projetos de edificações (Abnt, 1995).

A terceira parte do questionário tratou das preferências de composição na integração fotovoltaica. Para isto foi elaborada uma questão com imagens de integrações, questionando as características dos módulos fotovoltaicos que contribuíram ou depreciaram a composição arquitetônica. Assim buscou-se identificar como os arquitetos consideram

as relações entre os módulos fotovoltaicos e a edificação, de acordo com a sua localização na edificação e os materiais construtivos utilizados. Os BIPVs selecionados para a questão foram oriundos da escolha de imagens de banco de dados disponíveis (Thomas, 1999; Schoen et al., 2001; Munari Probst e Roecker, 2007; Iea, 2011). Assim os sete exemplares contemplaram exemplos diversos de integrações: na cobertura, nas fachadas, elementos curvos, brises e proteções solares; e também apresentam características de integração natural, integração não visível, integração na modulação, e integração salientando a característica ‘futurista’ da tecnologia. Além de uma imagem da integração, também foi apresentado um modelo em perspectiva da integração, indicando a localização dos módulos. Este modelo em perspectiva com a volumetria da edificação foi elaborado a partir de várias imagens e informações obtidas nos sites dos arquitetos projetistas de cada exemplar.

Após a aplicação da pesquisa foi feita a análise das respostas dadas pelos arquitetos, divididas em percentuais. Não foi feita análise estatística dos dados por esta ser uma pesquisa onde todas as respostas possuem alta importância e não haveria comportamento padrão entre as respostas, mas sim diferenças que devem ser consideradas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa iniciou com a seleção dos endereços eletrônicos dos arquitetos e o envio do primeiro contato com a apresentação da pesquisa. Foram feitos 1057 contatos iniciais, para os profissionais distribuídos por todas as regiões brasileiras. Das 1057 mensagens enviadas, 138 delas (13,05%) retornaram à caixa de entrada com aviso de endereço inválido, restando um total de 919 questionários válidos. Neste primeiro contato já apareceram alguns retornos dos entrevistados, com pessoas se dispondo a participar da pesquisa. Esta ação de resposta inicial por parte dos entrevistados demonstra que é válido fazer uma aproximação ao entrevistado antes da aplicação do questionário em si. Dos 919 questionários enviados com sucesso, houve 57 retornos (6,2%) demonstrando o interesse em participar da pesquisa. Não houve nenhum e-mail de resposta solicitando o envio do questionário pelo correio.

O segundo contato, uma semana após o primeiro, foi feito com o envio do questionário em um link no corpo do e-mail. Este e-mail também contou com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) solicitado pelo CEPESH da UFSC. Neste contato também havia a reafirmação de que a participação na pesquisa seria bonificada com o envio de um livro sobre o assunto, como incentivo às respostas. Após o segundo contato, começaram a ser recebidas as respostas ao questionário.

Após o envio do questionário em si, decorreram três semanas para o envio do último contato que lembrava a participação na pesquisa. Antes do terceiro contato, houve 88 respostas (9,61%). Após o envio do último contato, o questionário ficou aberto para receber respostas por mais três semanas, com retorno de mais 54 respostas, demonstrando a validade de efetuar um reforço para participação em questionários. A pesquisa foi encerrada com 142 respostas, atingindo um percentual de resposta de 15,5% dos e-mails enviados.

O percentual de resposta atingido foi dentro do mínimo esperado, em torno de 15%. Este valor de 15% foi o menor apontado entre os pesquisadores (Cartana, 2006), enquanto outros indicavam que poderia haver taxas de respostas até 30 ou 45% utilizando as ferramentas de três contatos e o fornecimento de um incentivo (Kaplowitz et al., 2004; Millar e Dillman, 2011). Este menor índice pode ter sido devido a alguns fatores, tais como: aplicação da pesquisa entre dezembro e janeiro, período de férias para muitos profissionais; e envio por e-mail com vários destinatários ao mesmo tempo (entre 100 e 150 endereços), o que pode ter feito os provedores de e-mail considerar a mensagem como spam e assim o arquiteto pode não ter recebido a pesquisa de forma correta; ou ainda a falta de interesse dos profissionais sobre este assunto. Junto com o recebimento das respostas também foram recolhidos os endereços para envio do livro como bonificação pela participação na pesquisa.

Após o encerramento dos questionários os dados foram reunidos e tabulados. As questões diretas (perguntas com opção de resposta fechada) foram agrupadas em percentuais. As questões abertas (com possibilidade de resposta em textos pessoais) foram agrupadas segundo assuntos ou posições similares.

A distribuição dos entrevistados em relação à sua atuação profissional foi em sua maioria arquitetos autônomos (52%), seguidos pelos arquitetos docentes (28%) e arquitetos estudantes de pós-graduação (18%), os estudantes de arquitetura, que não eram o alvo principal da pesquisa tiveram uma participação de 2%.

Após a identificação dos grupos entrevistados foram analisadas as questões relacionadas à tecnologia fotovoltaica. Quanto ao contato com a energia solar, os pesquisadores responderam optando por quatro níveis de conhecimento. Quase a metade dos respondentes tem conhecimento relativo sobre a tecnologia (conhece este tipo de geração alternativa, mas desconhece usos específicos para a arquitetura, 44%); mais de um quarto apresentou conhecimento próximo (cursos e aperfeiçoamentos sobre a utilização da mesma, 27%), outro quarto apresentou conhecimento distante (possui pouco conhecimento sobre as possibilidades da tecnologia, 25%) e apenas 4% julgaram não ter conhecimento (nenhum contato com a tecnologia).

Quanto aos conhecimentos específicos sobre a tecnologia que os arquitetos julgam serem necessários para trabalhar com energia solar, eles deram notas aos critérios de 1 a 5 (1 sendo o menos importante, até 5 o mais importante). Como a pontuação foi segundo a importância, havia a liberdade de classificar individualmente cada uma, não necessariamente fazendo uma escala do menos ao mais importante. Deste modo, 25% responderam classificando todas as informações como muito importantes (nota 5). Conforme a Fig. 1, os valores recebidos por cada item foram, no geral, considerados como importantes, atingindo notas próximas a 3 e 4 em um máximo de 5 (mais importante). O item

com menor pontuação foi o de detalhes construtivos da instalação (atingiu nota 3,32), e o mais importante foi o item sobre o funcionamento técnico da instalação (atingiu nota 4,18).

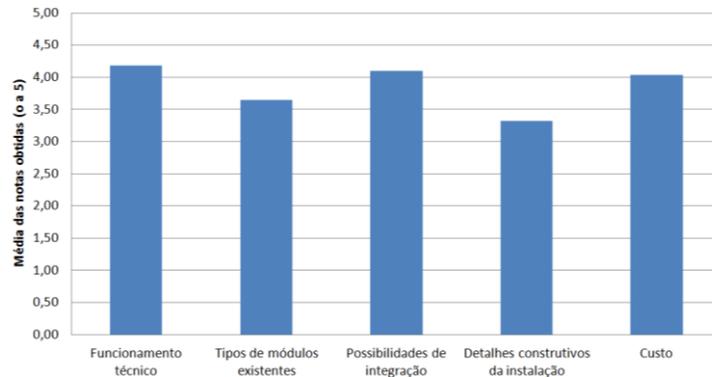


Figura 1 - Importância dos conhecimentos para utilização da tecnologia FV.

Analisando cada item em separado, pode-se observar a distribuição das opiniões sobre cada conhecimento, como mostra a Fig. 2. O funcionamento técnico teve a maioria das respostas classificadas como mais importante e os detalhes construtivos foram os que obtiveram menor pontuação, ou menor importância. O item de possibilidades de integração obteve as menores pontuações, indicando que poucos projetistas a consideram como item mais importante, ou ainda que os arquitetos desconheçam o tema. Os custos apresentaram grande pontuação como item de maior importância e também alguma pontuação como item de menor importância, demonstrando que há divergências entre os projetistas. Alguns o consideram essencial e outros o consideram de importância mediana. O item de detalhes construtivos apresentou pontuação similar entre as cinco classificações, mostrando que sua necessidade não é tão essencial. O item de tipos de módulos apresentou uma pontuação intermediária, com mais votos como elemento importante ou intermediário. Como a pergunta também possuía um campo em aberto para acrescentar informações que o entrevistado considerasse essencial, houve várias sugestões de conhecimentos a serem esclarecidos para maior utilização da tecnologia, entre eles: políticas públicas e legislações sobre o tema; divulgação de soluções exemplares; fornecedores no país; impacto ambiental e ciclo de vida da tecnologia; eficiência do sistema conforme a região do país e variações com inclinação e azimute; questões de mão de obra para instalação e manutenção; comparação com outras fontes energéticas; armazenamento de energia; riscos em ambientes salinos; utilização em edifícios públicos e residenciais de interesse social; retorno financeiro; e possibilidades de integração à rede elétrica pública. Estas sugestões demonstram o interesse dos arquitetos sobre as possibilidades da tecnologia fotovoltaica, e indicam que há necessidade de maior divulgação da tecnologia e de suas possibilidades para que seja efetivamente utilizada.

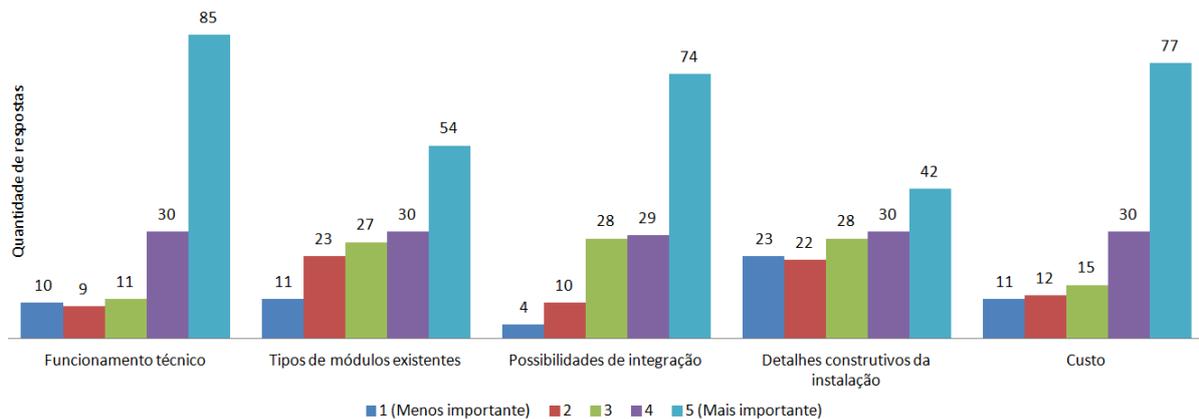


Figura 2 - Distribuição dos votos dos arquitetos.

Quanto à etapa de projeto em que devem ser utilizados os conhecimentos sobre a tecnologia, a maioria dos arquitetos indicou o uso da ferramenta na etapa de Programa de Necessidades (44%), o que pode sugerir que a instalação também seria uma espécie de necessidade do projeto, tendo que ser trabalhada junto aos outros condicionantes de projeto. A etapa de anteprojeto foi a segunda mais citada (35%), podendo indicar que mesmo após algumas definições de projeto ainda pode ser analisada a instalação do sistema fotovoltaico, ou mesmo pode indicar o desconhecimento de como a integração poderia ser alcançada. A etapa de levantamento foi citada em menor escala (18%), e a etapa de projeto executivo quase não foi citada (4%), o que demonstrando que os arquitetos não consideram como ideal a integração da tecnologia após a conclusão do projeto.

Na prática, a indicação da definição da tecnologia no programa de necessidades poderia auxiliar a decisão de várias características da instalação para sua melhor utilização (tipo de módulo, inclinação, orientação). Já a inserção da tecnologia apenas no anteprojeto auxiliaria a decisão de elementos mais específicos já que já existirão condicionantes

prévios (orientação e inclinação podem já estar definidas, necessitando apenas definir o tipo de módulo e estimar a geração). Deste modo percebe-se que os arquitetos reconhecem a importância da tecnologia fotovoltaica e preocupam-se em utilizá-la como um requisito de projeto que atuará como condicionante desde as primeiras etapas. Esta percepção também pode demonstrar que os arquitetos estão dispostos a alterar suas composições para favorecer a integração fotovoltaica, desde que esta alteração seja feita de forma consciente, percebendo o quanto suas ações irão interferir no desempenho da tecnologia. A decisão pelo uso da tecnologia já na etapa de programa de necessidades também reforça a viabilização da questão do compromisso entre ‘forma e função’ que atua nas integrações fotovoltaicas à arquitetura. A tecnologia ao ser considerada nesta fase inicial atua como mais uma ‘função’ a ser desempenhada pela arquitetura e também possibilita que esteja presente em todas as etapas onde será desenvolvida a forma do projeto arquitetônico.

Quanto às características de composição arquitetônica das integrações, os arquitetos consideraram que aquelas que mais contribuem para a integração de qualidade são: a qualidade do projeto; e a integração na fachada (maior quantidade de respostas); seguida pela integração na cobertura, tamanho seguindo a modulação e cor e forma similar aos outros materiais (Fig. 3). A característica considerada como maior depreciadora da composição foi a utilização dos módulos somente em parte de um plano da edificação. A integração dos módulos de modo que não haja visualização dos mesmos (ou seja, não interfiram em nada na composição) teve um percentual de respostas similar à integração onde os módulos atuam como elemento diferencial, mostrando que não há uma uniformidade de preferências em ‘mostrar’ ou ‘esconder’ a instalação, podendo ser usadas ambas as características conforme o projeto. No geral, todas as características listadas possuem boa aceitação pelos arquitetos, com exceção da utilização dos módulos apenas em parte de um plano. Deste modo percebe-se que as possibilidades de integração de qualidade não seguem um padrão, mas dependem do projetista para que faça a união de forma coerente e utilize a tecnologia fotovoltaica para contribuir na qualidade do projeto arquitetônico (característica com maior pontuação).

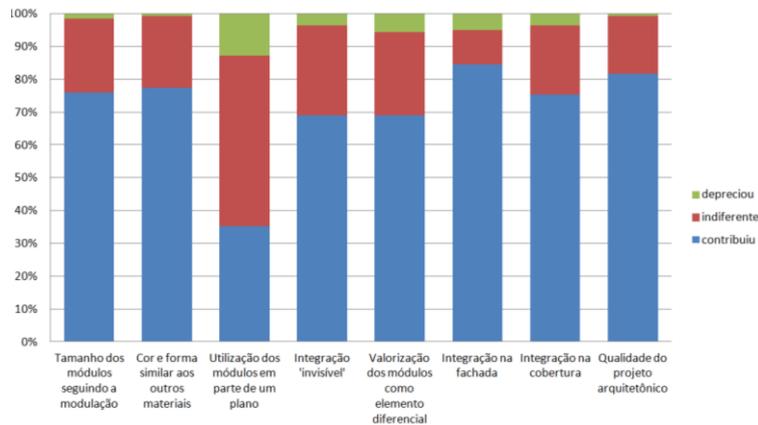


Figura 3 - Atuação das características das composições, mostrando sua contribuição à composição arquitetônica.

Após a análise das características construtivas, os entrevistados classificaram sete edificações com integração fotovoltaica (Fig. 4) em ordem de preferência, justificando suas escolhas. Os arquitetos tiveram acesso somente às imagens apresentadas na Fig. 4, sem nenhuma informação a mais sobre as edificações.

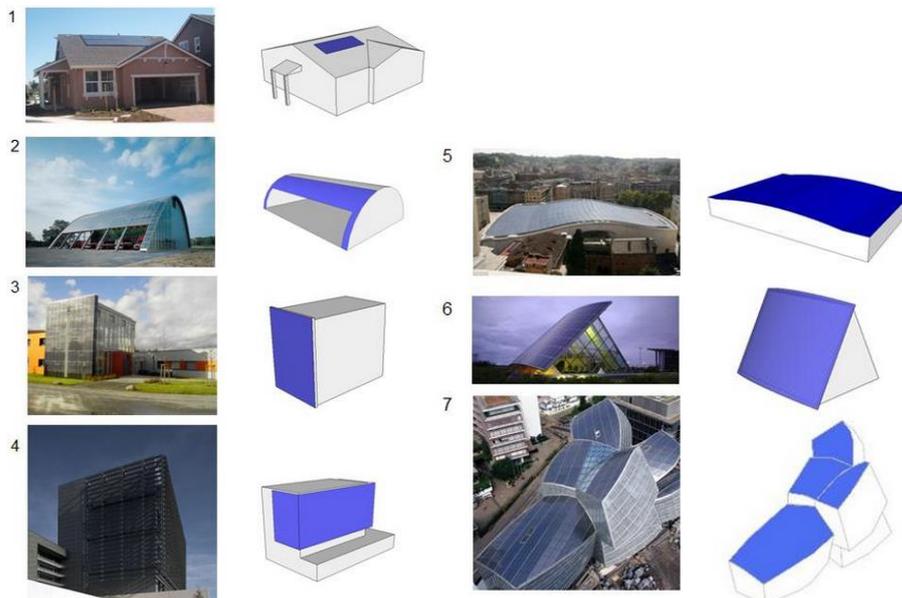


Figura 4 - Integrações analisadas pelos entrevistados mostrando a edificação e um desenho esquemático.

Entre as composições apresentadas na Fig. 4, a edificação classificada como melhor integração foi a de número 6, um edifício onde funciona uma espécie de showroom de uma empresa produtora de módulos solares fotovoltaicos, como apresentado na Fig. 5. A segunda mais apreciada foi a edificação 7 de autoria do arquiteto Frank Gehry. Cerca de 30% dos entrevistados optaram por não determinar uma única integração como melhor opção, considerando que várias, ou todas, eram igualmente boas representantes da integração arquitetônica de módulos fotovoltaicos. Junto à escolha, os arquitetos também tiveram que justificar seus votos. A condição mais citada para justificar a escolha da melhor composição da integração fotovoltaica foi a utilização da tecnologia de modo que não haja identificação ou percepção dos módulos como elementos de geração de energia, mas sim apenas como elementos construtivos. Outra justificativa recorrente foi a de que a edificação aparentava possuir melhor orientação solar, melhorando o desempenho dos módulos. Salienta-se que a opinião dos respondentes foi baseada somente na foto, já que não eram fornecidos dados de orientação e inclinação ou mesmo de localização da edificação.

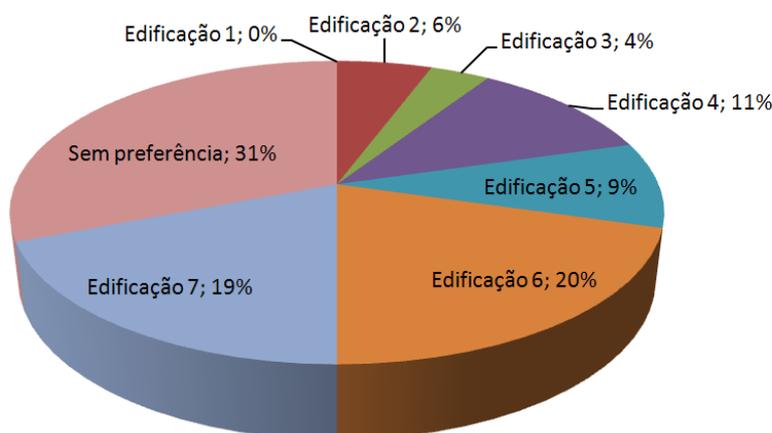


Figura 5 – Gráfico da frequência demonstrando qual integração obteve mais votos como ‘melhor’ integração.

Por estes dados, pode-se inferir que os arquitetos preferem integrações com alto compromisso técnico, locando os módulos em posição que resulte no máximo de geração energética, mesmo que os arquitetos não saibam realmente qual seja a posição ideal. Ao mesmo tempo os arquitetos também desejam que a integração tenha mínima interferência no projeto arquitetônico, de preferência não sendo perceptível na composição arquitetônica e principalmente não sendo uma solução onde a integração é vista como um anexo à edificação. Assim percebe-se a necessidade de levar maior conhecimento aos arquitetos para que eles conheçam quais as posições possíveis de instalação para máxima geração e quais as perdas que ocorrem quando eles modificam as posições, evitando-se um preconceito de que só haja uma posição possível para a geração energética satisfatória. A descrição da preferência pela não interferência ou não visualização no projeto sugere a necessidade de divulgação da variedade de módulos existentes e suas características físicas e construtivas para que possam ser aproveitadas pela construção civil.

Os comentários justificando a escolha das edificações também foram classificados em positivos, neutros ou negativos. Os comentários aparecem reunidos na Fig. 6, e demonstram que apesar de algumas edificações não terem sido citadas como a melhor integração, elas apresentam vários pontos positivos (edificação 2), ao mesmo tempo em que edificações citadas por vários arquitetos como melhor integração, receberam críticas de outros profissionais (edificações 6 e 7). Deste modo foi possível avaliar as edificações com maior consenso de aceitação e aquelas que ocasionaram divergências entre os arquitetos.

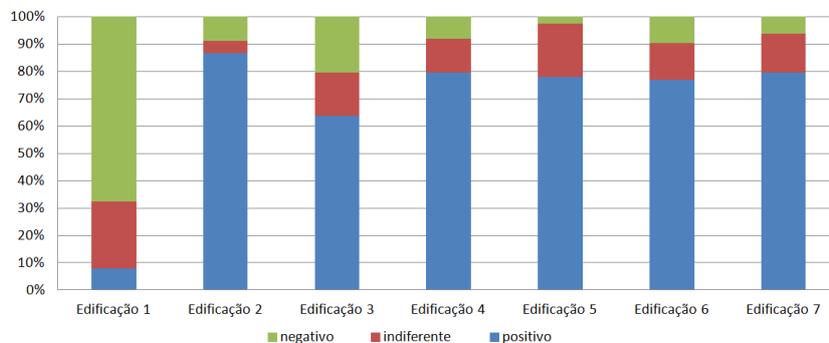


Figura 6 – Frequência dos comentários sobre as edificações classificando-os em comentários positivos, indiferentes ou negativos em relação à integração fotovoltaica na arquitetura (amostra de 142 arquitetos).

A edificação 1 foi classificada pela maioria dos arquitetos, como uma integração que depreciou a composição arquitetônica. Entre os comentários que justificaram a depreciação estavam: falta de unidade na forma e material dos módulos com o restante da edificação; aplicação somente em parte do plano de cobertura; elementos claramente alheios

à composição e muito visíveis. Entre os que comentaram a neutralidade ou contribuição da composição estavam: composição aceitável já que é similar aos coletores solares já costumeiramente utilizados para aquecimento de água e adequação justificada pela melhor orientação solar.

A edificação 2 foi considerada pelos arquitetos como um projeto onde os módulos foram integrados de forma satisfatória, com comentários positivos sobre a integração fotovoltaica. Entre as características que contribuíram para uma integração satisfatória foi citado: os módulos não são visíveis na composição, módulos usados trazendo o conceito da tecnologia, módulos usados com respeito à modulação da edificação, cor e forma similar aos outros materiais e adaptação à volumetria. Entre os comentários negativos esteve a questão de que os módulos foram usados em apenas parte da edificação e não em toda ela.

A edificação 3 foi citada como uma integração que contribuiu à composição pelos seguintes motivos: instalação similar às esquadrias ou a uma pele de vidro, por ser imperceptível e também por trazer um caráter de contemporaneidade ao projeto. As características que depreciaram a composição foram: poder causar ofuscamento, estar na angulação incorreta, bloquear a visual por ser uma fachada cega e também pelo ‘exagero’ da utilização dos módulos.

A edificação 4 recebeu muitos comentários positivos, principalmente pela utilização dos módulos com dupla função: gerar energia e atuar como brises. Outros comentários positivos foram de que: os módulos não são perceptíveis e aparentam não ter sido condicionantes de projeto, havendo uma ‘leveza’ na composição; houve um bom resultado de projeto com volumetria, ritmo e textura na fachada; e que os módulos trazem uma característica de projeto contemporâneo ou atual. Quanto às depreciações que a integração fotovoltaica pode causar à composição, foi novamente citado que: a posição de instalação dos módulos não parece ideal podendo ocasionar perdas de geração, além da instalação comprometer a visual do interior da edificação para o exterior. Também foi comentado que esta solução é muito limitada a determinados partidos arquitetônicos.

Na edificação 5 os comentários positivos foram de que os módulos acompanharam a volumetria curva; estão dispostos em boa posição para receber a irradiação solar; são invisíveis nas fachadas não alterando a composição; utilizam cor e textura na cobertura e oferecem dupla barreira térmica na cobertura. Os comentários negativos citaram que a integração depreciou a composição arquitetônica, pois os módulos não deveriam estar ‘escondidos’; o projeto tem alto custo pela quantidade exagerada de módulos e a locação dos mesmos não parece ter relação com o projeto da edificação.

A edificação 6 apresentou divergência entre os arquitetos. Os comentários positivos foram sobre a boa concepção do projeto; a valorização pela expressão tecnológica proporcionada pelos módulos; o bom aproveitamento da irradiação solar; a tradução de um estilo contemporâneo; a boa integração com o vidro e a volumetria diferenciada. Os comentários negativos referiram-se à solução muito óbvia e com total submissão às necessidades dos módulos; um resultado forçado; a utilização possível somente em latitudes específicas e forma desequilibrada e totalmente submetida à função.

A edificação 7, salientada em questão anterior como edificação com maior aceitação pelos arquitetos, recebeu comentários não tão consensuais. Os comentários positivos se referem à utilização em vários planos e formas; a sensação de elemento único na composição; a fácil integração com vidro e aço; a adaptação à volumetria; os módulos sendo ‘invisíveis’ e não se impondo à volumetria; o bom aproveitamento da irradiação e de que os módulos transmitem leveza, transparência e característica de tecnologia/modernidade. Entre os comentários negativos foram citados: o alto custo do projeto; o projeto arquitetônico que desconsidera o entorno; o excesso de formas; os módulos ‘escondidos’ e os módulos com forma diferente da modulação da edificação.

Considerando as opiniões dos arquitetos como pontuações (comentários positivos = +1; comentários negativos = -1; e comentários indiferentes = 0), a nota atingida pelas edificações é vista na Fig. 7, onde a escala apresenta a diferença entre notas positivas, ou seja, a melhor nota que uma edificação poderia atingir seria 142, só com justificativas positivas. A edificação que apresentou maior pontuação foi a Edificação 2, seguida pela Edificação 5. Nos dois casos a localização dos módulos é discreta, quase imperceptível. A edificação com menor pontuação foi a 1, a casa com instalação aplicada sobre a edificação, sem relação com a composição, que obteve uma nota negativa porque a maioria dos comentários também foram negativos. A segunda edificação com menos votos foi a 3, com o uso dos módulos em toda uma fachada, em um local que muitos consideram inadequado para o recebimento de radiação solar.

Após as perguntas, o questionário disponibilizou um espaço para comentários abertos dos respondentes. Neste espaço vários arquitetos comentaram sobre a importância da pesquisa para a divulgação da tecnologia fotovoltaica no país. Houve também alguns comentários como: questionamento se todas as imagens eram de países frios e se há possibilidade de algo similar no Brasil; uso de painéis móveis seguindo o sol; dificuldade de analisar observando somente uma fotografia e detendo-se ao resultado formal; questionamento sobre a eficiência das células; informações sobre células orgânicas; interesse em maiores detalhes para poder utilizar em seus projetos; questionamento sobre o uso da tecnologia na região equatorial do Brasil; possibilidades de módulos translúcidos; utilização em edifícios históricos; indicação de que o tema que deveria ser tratado nas universidades em disciplinas teóricas e práticas e a necessidade de apoio do governo federal para tornar os estudos uma realidade.

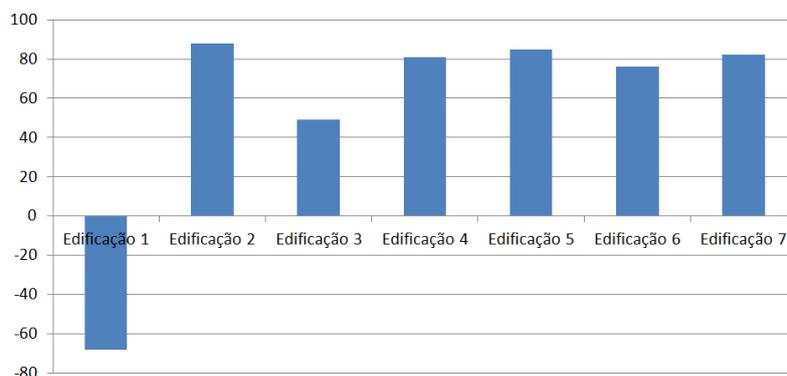


Figura 7 – Resumo dos comentários dos arquitetos (notas de cada edificação considerando o somatório das 142 respostas).

4. CONCLUSÕES

Através da pesquisa feita neste trabalho pode-se traçar um perfil dos arquitetos brasileiros entrevistados em relação ao uso da energia solar fotovoltaica integrada à edificação. Observou-se que estes arquitetos ainda não possuem conhecimentos específicos sobre a utilização dos módulos fotovoltaicos como um elemento da arquitetura. No geral os arquitetos pesquisados demonstraram conhecimento relativo sobre a tecnologia (sabem que existe, mas desconhecem usos relacionados com a arquitetura) e consideram que todos os conteúdos comentados são importantes (forma de instalação, tipos de módulos, custo, detalhes construtivos). Estes arquitetos também comentaram que várias características de composição (tamanho relativo à modulação, cor e forma similar, integração nas fachadas ou coberturas, visualização ‘invisível’ e qualidade do projeto arquitetônico) devem ser observadas para contribuir à composição arquitetônica. Através destas posições observou-se que os arquitetos pesquisados necessitam de informações gerais sobre vários os aspectos da integração fotovoltaica e ao mesmo tempo, que estão abertos a vários modos de integração.

Estes arquitetos brasileiros demonstram grande preocupação com o desempenho técnico dos módulos fotovoltaicos e consideram esta questão um limitante para a utilização da tecnologia. Foi percebido que o item mais citado para julgar as integrações fotovoltaicas foi a preocupação com o desempenho técnico do sistema fotovoltaico, embora tenha sido orientado aos arquitetos que fosse avaliada apenas a composição arquitetônica. Nas várias edificações analisadas os arquitetos julgaram que a composição até estaria satisfatória, mas comentaram que não seria um bom exemplo de integração por suporem que aquele posicionamento dos módulos não seria o ideal para atingir o máximo desempenho energético dos sistemas. Pelos vários comentários na pesquisa percebeu-se que um dos principais motivos da não utilização dos módulos pelos arquitetos é devido ao desconhecimento deles em relação ao desempenho energético da tecnologia e não à dificuldade de integração na composição arquitetônica. Isto demonstra um caminho para a disseminação da tecnologia fotovoltaica no Brasil, que deve buscar por uma maior formação/informação destes profissionais, para que eles saibam das possibilidades e versatilidades da tecnologia. Este posicionamento dos arquitetos mostra também uma faceta desta profissão, que está preparada para trabalhar com informações e condicionantes diversos, adaptando o projeto até chegar a uma solução integral que contemple a percepção e satisfação de todos os condicionantes pré-definidos em seu projeto. Deste modo ao deparar-se com um condicionante novo, como a inserção fotovoltaica, a principal preocupação dos arquitetos não é a questão estética, já que esta aparenta estar atrelada em suas ações mesmo que de forma inconsciente (Lawson, 2005), mas sim uma preocupação com o melhor desempenho da nova tecnologia.

Assim, conclui-se que é necessário fornecer maiores informações aos arquitetos brasileiros para que eles possam utilizar a tecnologia fotovoltaica sabendo as implicações de suas decisões em relação à forma x função da integração fotovoltaica. Então pode não ser suficiente criar módulos com ‘aparências’ diversas (cores e formas) tentando convencer os arquitetos pela percepção visual. Os arquitetos precisam tomar conhecimento do real funcionamento da tecnologia e saber quantificar o quanto suas decisões de projeto podem influenciar na geração fotovoltaica. Ao poder medir suas ações em prol da composição formal e da geração de energia, os arquitetos poderão tomar suas próprias decisões nos projetos das edificações com integração fotovoltaica, podendo se posicionar na direção de uma ou outra, desde que estejam conscientes dos resultados que suas ações poderão produzir.

REFERÊNCIAS

- Abnt. NBR 13532: Elaboração de projeto de edificações - Arquitetura. 1995.
 Aneel. 482: Resolução Normativa Nº 482. Brasil, 2012.
 Cartana, R. P. Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico. (2006). (Mestrado) - Pós Graduação em Arquitetura, UFSC, Florianópolis, 2006.
 Freixo, M. J. V. Metodologia científica. Lisboa: Instituto Piaget, 2009.

- Geller, H. S. Revolução energética: políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: USAid, 2003.
- Günther, H. Como elaborar um questionário. *Série: Planejamento de pesquisa nas ciências sociais*. v. 01. Brasília: UNB, 2003.
- Hagemann, I. Examples of Successful Architectural Integration of PV: Germany. *Progress in Photovoltaic: Research and applications [S.I.]*, v. 12, 2004.
- Iea. Photovoltaic in buildings: A design handbook for architects and engineers. International Energy Agency. Paris. 1995.
- ____. PV database. Disponível em:<<http://www.pvdatabase.org/>>. Acesso em: 05 jan 2011.
- ____. PVPS annual report 2009. International energy agency. Fribourg. 2010
- Interlogy. JotForm. Disponível em:<<http://www.jotform.com/>>. Acesso em: 2012.
- Kaan, H.; Reijenga, T. Photovoltaics in an architectural context. *Progress in photovoltaics: Research and applications [S.I.]*, v. 12, p. 395-408, 2004.
- Kaplowitz, M. D.; Hadlock, T. D.; Levine, R. A Comparison of Web and Mail Survey Response Rates. *Public Opinion Quarterly [S.I.]*, v. 68, n. 1, p. 94-101, 2004.
- Lawson, B. How designers think: the design process desmythified. 40. ed. Burligton: Elsevier, 2005.
- Lüdke, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- Millar, M. M.; Dillman, D. A. Improving Response to Web and Mixed-Mode Surveys. *Public Opinion Quarterly [S.I.]*, v. 75, n. 2, p. 249-269, 2011.
- Munari Probst, M.; Roecker, C. Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST). *Solar Energy [S.I.]*, v. 81, n. 9, p. 1104-1116, 2007.
- Pedrini, A. Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate. (2003). (Doctor of Philosophy) - Department of Architecture, The University of Queensland, Queensland, 2003.
- Rüther, R. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.
- Schoen, T.; Prasad, D.; Ruoss, D.; Eiffert, P.; Sørensen, H. Task 7 of the IEA PV power systems program - achievements and outlook. In: 17th European Photovoltaic Solar Conference Munich. 2001.
- Thomas, R. Photovoltaic in buildings: a design guide. ETSU. Londres. 1999.

BRAZILIAN ARCHITECTS PERCEPTION OF BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC

Abstract. *Photovoltaic solar energy can be a way to generate energy in buildings. Architects must be included as a part of a photovoltaic designer team to add value in formal composition of buildings and to help to explore photovoltaic modules as a building material. Brazilian legislation allows photovoltaic generators to be connected to the national grid by a customer, and this is a great incentive to design building integrated photovoltaic (BIPV) systems in Brazil. The aim of this work is to find out the Brazilian architects' perceptions of BIPV, and what is missing for them start using the PV technology in their projects. We carried out this research with an on-line survey applied to architects of all Brazilian states and asked them their preferences about photovoltaic integration. We applied the survey to independent professionals, professors and researchers and observed that half of them knew about photovoltaic solar energy, but did not know about building integrated photovoltaics. Architects showed interest in many building integration aspects and demonstrated interest to know more about this technology. They were very concerned about performance generation and the best way modules can be exposed to the maximum solar irradiation levels possible. They also believe that the specific module position to receive maximum radiation is the only one way to use photovoltaics in buildings. When asked about architectural composition aspects, architects prefer discreet integrations with few or no evidence of photovoltaic modules in a building. Brazilian architects are open to use photovoltaics in their projects, but they need to know more about the peculiarities of this technology, and specifically about solar radiation, so that they can be able to design building integrated photovoltaic systems aware of the technology needs and limitations, and understand the degrees of architectural freedom.*

Key words: *Photovoltaic Solar Energy, building integrated photovoltaic, architects.*