

DESEMPENHO DO CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADO LATERÍTICO

Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz¹; Tassila Ramos Porto²; Maria Aline Pires Matias³; Rayane de Oliveira Silva⁴; Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça⁵

^{1,2} Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental; Departamento de Engenharia Civil Universidade Federal de Campina Grande; Campina Grande – PB; priscilaluz55@gmail.com; tassilaporto@gmail.com

^{3,4} Graduanda em Engenharia Civil; Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande; Campina Grande – PB; rayanneoli96@gmail.com; mariaalinnematias@hotmail.com

⁵ Professora, Doutora, Departamento de Engenharia Civil; Universidade Federal de Campina Grande; Campina Grande – PB; ana.duartemendonca@gmail.com

Resumo: A incessante busca por soluções eficientes é uma das características mais fundamentais da engenharia, buscando aprimorar-se continuamente, explorando possibilidades e criando conceitos. A síntese de novas combinações entre agregados, cimento e água possibilita o surgimento de produtos com propriedades diversas, as quais devem ser devidamente exploradas na resolução de problemas, alimentando um mercado com a insaciável sede por inovações. O fator econômico é de grande importância quando se reflete sobre novas formas de preparar o concreto. Desta forma, este projeto tem como objetivo avaliar o desempenho do concreto incorporado com agregado laterítico em substituição parcial ao agregado graúdo nos teores de 25% e 50%. Foram moldados corpos de prova e foram avaliadas as propriedades físicas e mecânicas para as idades de 7, 14 e 21 dias. Observou-se que a substituição do agregado convencional por agregado laterítico promoveu resultados semelhantes aos do concreto convencional tomado como referência, revelando o potencial do concreto laterítico que, tendo se mostrado com teor de absorção de água mais elevado que o concreto convencional, apresentou níveis de resistência à compressão e tração por compressão diametral semelhantes aos da mistura de referência.

Palavras-chave: compósito, agregado, propriedades.

INTRODUÇÃO

No que se entende por boas práticas de engenharia, a compatibilização de custos reduzidos com a qualidade do produto final é o objetivo maior sobre o qual o engenheiro deve direcionar sua atenção, utilizando-se dos recursos disponíveis para atravessar a fronteira entre o projeto e a obra tangível. (MATTOS, 2010)

Sob esta perspectiva, a experimentação constitui-se ferramenta de valor para a determinação de novas práticas que direcionem métodos tradicionais ao aprimoramento de suas finalidades. A contínua revisão das ações do engenheiro dificulta o surgimento de ciclos repetitivos que propagam métodos errôneos às obras do presente, superando ideias ultrapassadas e produzindo melhora na qualidade e na eficiência dos trabalhos. (SANTOS, 2013). Sendo o concreto o mais emblemático dos materiais da construção civil, empregado com exaustão nas obras de engenharia, é de grande conveniência direcionar esforços à configuração de novas misturas, inserindo variáveis geográficas e sociais na equação, a partir da valorização daquilo ao alcance do engenheiro.

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Segundo Yudelson (2013), é notável a crescente tendência da incorporação de materiais alternativos à construção civil, visando a consolidação de práticas fundamentadas na sustentabilidade dos processos, sendo capazes de compatibilizar desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

O conceito de materiais alternativos abrange mais do que apenas materiais de origem renovável. Trata-se do conjunto de todos os elementos que, em detrimento de outro componente, são empregados em substituição total ou parcial do primeiro, produzindo benefícios ambientais, econômicos, sociais ou energéticos ao projeto. (YUDELSON, 2013)

Na busca por alternativas que visem suprir a demanda comercial de um setor da economia em constante expansão, mesmo em tempos de crise econômica, e que, ao mesmo tempo, não intensifique a degradação do meio ambiente, a inclusão de elementos alternativo são concretos se mostra bastante promissora diante da variabilidade morfológica dos solos brasileiros. Segundo o Sistema de Informação de Solos Brasileiros, a grande diversidade de “tipos” de solos é condicionada pelas formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos do solo. Sobre o território nacional, pode-se distinguir 13 grandes classes de solos representativas das paisagens brasileiras. Há grande predominância dos Latossolos, Argissolos e Neossolos, que no conjunto se distribuem em aproximadamente 70% do território nacional, o que demonstra a vocação natural do Brasil para a exploração de agregados alternativos a partir de seus vários solos.

Conciliando o interesse da indústria da construção civil em integrar alternativas que reduzam custos e, ao mesmo tempo, promovam práticas sustentáveis e a valorização de materiais encontrados regionalmente, este estudo tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas do concreto incorporado com agregado graúdo de caráter laterítico, em substituição parcial da brita granítica tradicional.

METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios foram utilizados os seguintes materiais:

- Agregado miúdo: Areia quartzosa retirada do leito do Rio Paraíba com módulo de finura de 2,42%, diâmetro máximo de 2,36 mm, massa específica de 2,618 g/cm³, massa unitária no estado solto de 1,429 g/cm³ e teor de materiais pulverulentos de 0,07%.
- Agregado graúdo: Agregado britado com brita de origem granítica proveniente da pedreira explorada pela CONTEC

INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, situada no município de Pocinhos-PB, e apresentando diâmetro máximo padronizado para brita 1 – 19 mm.

- Agregado Laterítico: Rocha laterítica processada de modo a obter as dimensões da Brita 19.
- Cimento: O cimento utilizado na pesquisa será o CP II Z de massa específica de 2,91 g/cm³ e módulo de finura de 2,84%.
- Água: fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

Caracterização Física dos Materiais

- Análise granulométrica

Esse ensaio determina a distribuição percentual dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado sendo realizado segundo o método de ensaio da ABNT NBR 7217 para os agregados graúdo e miúdo. (ABNT, 1987).

- Determinação da massa específica

Esse procedimento tem grande importância no cálculo do consumo de materiais a serem medidos no traço do concreto, já que é a relação da massa e o seu volume, não considerando os vazios permeáveis da água.

A determinação da massa específica da areia foi realizada por meio do frasco de Chapman, segundo a norma ABNT NBR 9776 (ABNT, 1987). Para o agregado graúdo a determinação da massa específica foi obtida utilizando-se a norma ABNT NBR NM 53 (ABNT, 2003) e para o cimento, o ensaio foi realizado seguindo a norma DNER – ME085/1994.

- Determinação da massa unitária

Através desse ensaio podem ser feitas transformações dos traços de massa para volume durante o procedimento de dosagem pois ele tem o objetivo de verificar a massa unitária do agregado miúdo, incluindo os vazios, e umidade que existem entre os grãos, e determinar sua utilização no traço de concreto. O ensaio foi realizado como agregado miúdo segundo o método de ensaio ABNT NBR 7251 (ABNT, 1982).

- Determinação do teor de materiais pulverulentos

Os materiais pulverulentos são partículas minerais que passam na peneira de malha de nº 200 com abertura de 75µm, inclusive os materiais solúveis em água, presente nos agregados, com isso esse ensaio, que tem como objetivo a determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados destinados ao preparo de concreto, foi realizado para o agregado

miúdo de acordo com a norma ABNT NBR 7219 (ABNT, 1987).

- Ensaio de finura

É a determinação da porcentagem, em massa, de cimento Portland cujas dimensões de grãos são superiores a 75 μ m através do método de peneiramento manual de acordo com a norma ABNT NBR 11579 (ABNT, 2012). A necessidade da realização desse ensaio é compreendida pois quando se tem um valor muito elevado da finura do cimento isso indica que ocorreu hidratação do cimento e conseqüentemente, perda de suas características. Quanto mais fino for o cimento melhor será a sua reação de hidratação e a resistência mecânica da argamassa.

- Estudo da dosagem

Esse procedimento se resume na obtenção da melhor proporção entre os materiais que constituem os concretos de cimento Portland, também conhecido por traço podendo ser expresso em massa ou em volume. Para a moldagem dos corpos de prova utilizados neste estudo, foi empregado o traço 1:2,44:1,87:0,47, com fator água/cimento de 0,47, abatimento do troco de cone de 40m-60 mm e resistência requerida de 20MPa. A Tabela 1 apresenta o proporcionamento dos materiais utilizados neste estudo.

Tabela 1: Proporcionamento dos materiais utilizados

	Cimento	Ag. Graúdo	Ag. Miúdo	Laterita
0%	7,788 Kg	46,464 Kg	27,300 Kg	0 Kg
25%	7,788 Kg	34,848 Kg	27,300 Kg	11,616 Kg
50%	7,788 Kg	23,232 Kg	27,300 Kg	23,232 Kg

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

- Moldagem dos corpos de prova

A partir do traço conhecido, o concreto foi preparado em betoneira e em seguida realizou-se o *slump test* (Figura 1) para comprovação do abatimento. Ao contrário do ocorrido com o concreto de referência, os concretos utilizando a laterita precisaram do acréscimo de água para alcançar o intervalo entre 40 e 60 mm.

Figura 1: Ensaio de abatimento do tronco de cone



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Assim, em seguida, foram moldados corpos de provas cilíndricos nas dimensões de 10 cm x 20 cm e após 24 horas foram desmoldados e colocados em tanques com água para determinação das propriedades físicas e mecânicas nas idades de cura de 7,14 e 21 dias.

Propriedades Físicas e Mecânicas

- Absorção de água por imersão

Segundo a norma da ABNT NM 53 este ensaio tem o objetivo de determinar o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de um líquido em seus poros permeáveis, em relação a sua massa no estado seco (ABNT,2003) (Figura 2).

Figura 2: Pesagem de fragmento do corpo de prova, ainda úmido, para determinação da absorção de água



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

- Resistência à compressão simples

Sendo a resistência à compressão simples, f_c , a propriedade mecânica mais importante são moldados e preparados corpos de prova de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2008), os quais são ensaiados segundo a NBR 5739 (ABNT,2007) (Figura 3).

Figura 3: Ensaio para determinação da Resistência à Compressão



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

- Resistência à tração por compressão diametral

Entende-se pelo valor da resistência à tração (Figura 4) a quantidade de força necessária para quebrar um material por estiramento. Por se mais simples e utilizar o mesmo corpo de prova cilíndrico do ensaio de compressão, 15 cm por 30 cm, esse é o procedimento mais utilizado. É regido pela NBR 7222 (ABNT, 2011).

Figura 4: Equipamento para o Ensaio de Tração por Compressão Diametral



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para caracterização física do agregado laterítico em estudo.

Tabela 2: Caracterização física do agregado laterítico

Ensaio	Valor obtido	
Massa Específica do Agregado Seco (ABNT NBR NM 53:2003)	# 12,5 mm	2,65 g/cm ³
	# 19,0 mm	2,64 g/cm ³
	Média	2,64 g/cm ³
Massa Específica do Agregado na Condição Saturado Superfície Seca	# 12,5 mm	2,79 g/cm ³
	# 19,0 mm	2,78 g/cm ³

(ABNT NBR NM 53: 2003)	Média	2,78 g/cm ³
Massa Específica Aparente (ABNT NBR NM 53:2003)	# 12,5 mm	3,08 g/cm ³
	# 19,0 mm	3,08 g/cm ³
	Média	3,08 g/cm ³
Absorção (ABNT NBR NM 53:2003)	# 12,5 mm	5,20 g/cm ³
	# 19,0 mm	5,40 g/cm ³
	Média	5,30 g/cm ³
Teor de Materiais Pulverulentos (ABNT NBR NM 46: 2001)	# 6,3 mm	2,10 g/cm ³
	# 12,5 mm	2,50 g/cm ³
	# 19,0 mm	3,70 g/cm ³

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

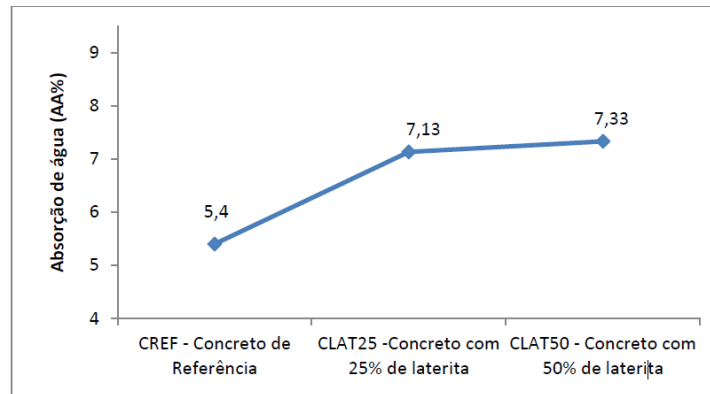
Os materiais pulverulentos, aqueles com dimensão inferior a 0,076 mm, são altamente indesejados pois estes interagem com os do cimento, criando descontinuidade na argamassa e reduzindo a resistência do concreto. Por possuir uma grande superfície específica eles requerem bastante água de molhagem e, para mesma trabalhabilidade e fator água/cimento, requer maior quantidade de cimento, aumentando a retração e a permeabilidade do concreto (BAUER *et al.*, 2004).

Além disso, esse material pode ocasionalmente criar sobre os grãos de agregado graúdo uma camada de material, que provocaria uma pior aderência da argamassa; sendo mais uma causa de redução do desempenho do concreto. Apesar desses fatos, o concreto necessita de finos já que sua presença melhora a trabalhabilidade e os torna mais resistentes a exsudação com menor permeabilidade (BAUER *et al.*, 2004).

Por conta do seu processo de formação as lateritas apresentam grande quantidade de material pulverulento. Obteve-se um valor que variou entre 2,1% e 3,7%. Este valor é superior ao limite estabelecido pela norma ABNT NBR 7211:2005, que é de 1,0%.

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos para a absorção por imersão em água do concreto produzido com substituição do agregado miúdo convencional por 25% e 50% de agregado laterítico.

Figura 5: Absorção por imersão em água do concreto produzido com substituição do agregado miúdo convencional por 25% e 50% de agregado laterítico aos 21 dias.

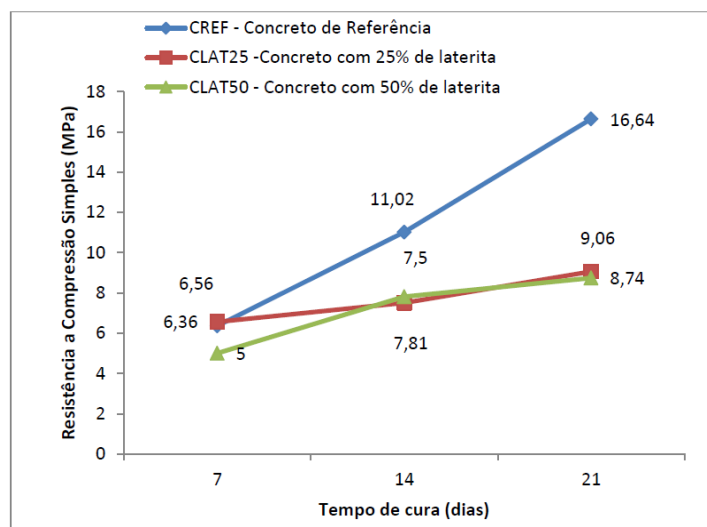


Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Diante os resultados mostrados é possível verificar que houve um aumento de absorção ao substituir o agregado graúdo convencional, brita granítica por agregado laterítico. Esse aumento foi de 2,09% e 2,29% respectivamente para substituições de 25% e 50% de agregado convencional. Isso ocorreu devido a laterita possuir uma absorção superior que o agregado granítico convencional, em torno de 5,4%.

A Figura 6 mostra os valores encontrados para a resistência a compressão simples do concreto confeccionado com substituição do agregado convencional por 25% e 50% de agregado laterítico.

Figura 6: Resistência a compressão simples do concreto produzido com substituição do agregado miúdo convencional por 25% e 50% de agregado laterítico.



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Com base nos resultados encontrados, constata-se que ocorreu uma diminuição do valor da resistência a compressão simples para os concretos com substituição do agregado graúdo convencional por agregado laterítico.

Apesar dessa redução, observa-se que o concreto com laterita possui um aumento da

resistência com o aumento da idade de cura, sendo justificado pelo aumento da resistência da argamassa, devido a um tempo maior de hidratação do cimento.

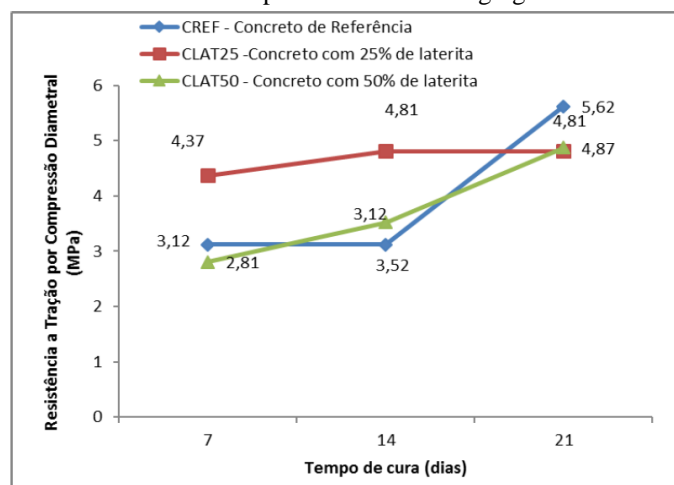
Conforme mostra os resultados, pode-se inferir que o concreto com 25% e 50% de laterita apresentou redução de resistência aos 21 dias em relação ao concreto de referência, em percentuais de 45,56% (9,06 MPa) e 47,48% (8,74 MPa) respectivamente, tal fato poderia ter sido reduzido pelo uso de aditivo superplastificante, que auxiliaria na trabalhabilidade do concreto fresco e conseqüentemente melhoraria as propriedades do concreto endurecido.

Chagas (2011) realizou estudos com concreções lateríticas utilizando aditivo superplastificante e obteve resultados 21,8MPa, 25,9MPa e 32MPa, respectivamente para as idades de 7, 14 e 28 dias de cura para o concreto de referência, sem uso do aditivo. O uso de aditivo superplastificante melhora consideravelmente as propriedades do concreto laterítico, pois, neste estudo a adição de 0,8% de aditivo promoveu o aumento da resistência para todas as idades em estudo, com percentuais médios de aumento em torno de 10%.

De acordo com a norma da ABNT NBR 6118/2014, aos 21 dias o concreto deve apresentar uma resistência a compressão de 96% da resistência requerida em projeto, no entanto, os resultados obtidos para o concreto com substituição do agregado graúdo convencional por agregado laterítico não satisfazem aos parâmetros normativos, apresentando valores inferiores.

A Figura 7 mostra os resultados encontrados para a resistência a tração por compressão diametral do concreto produzido com substituição do agregado convencional.

Figura 7: Figura 16: Resistência a tração por compressão diametral do concreto produzido com substituição do agregado miúdo convencional por 25% e 50% de agregado laterítico



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Conforme os valores encontrados, verifica-se uso do agregado laterítico contribuiu para o ganho de resistência do concreto, obtendo-se

aos 21 dias uma resistência, em comparação com o concreto de referência, inferior apenas 14,4% e 13,3% respectivamente, para as idades de 21 dias.

Chagas (2013) realizou estudos com concreções lateríticas em substituição ao agregado graúdo, com uso de aditivo superplastificante nos teores de 0,4%, 0,6% e 0,8% e obteve resultados de resistência a tração para concretos lateríticos de referência em torno de 2,3MPa, 2,5 MPa e 2,6 MPa respectivamente para as idades de cura de 7,14 e 28 dias, o que indicou neste estudo que as concreções lateríticas permitem obter resultados satisfatórias, no entanto, o uso do aditivo superplastificante otimizou os resultados, obtendo-se valores de resistência a tração considerados superiores, para o uso de 0,8% de aditivo.

CONCLUSÕES

De acordo com o estudo realizado pode-se inferir que a absorção que ambos os concretos preparados com agregado laterítico apresentaram uma maior facilidade em incorporar água em seus poros do que o concreto tradicional tomado como referência.

Verificando os valores encontrados para a resistência à compressão simples, os concretos com laterita apresentaram faixas de resistência compatíveis com aquelas desenvolvidas pela amostra de referência. É importante ressaltar que para as duas misturas incorporadas com agregado laterítico se mostraram muito semelhantes, após os 21 dias, apesar da grande diferença nas proporções de agregado graúdo substituído. O mesmo vale para a comparação entre o concreto laterítico e o não-laterítico, tornando-se evidente que os agregados utilizados se comportaram de forma semelhante.

Já a resistência à tração por compressão diametral reforça os resultados do comportamento uniforme do agregado laterítico, atuando de forma inerte em relação à mistura, mas mostrando-se satisfatoriamente resistente para receber os esforços que atuam sobre a peça. Apesar dos concretos lateríticos não demonstrarem a mesma resistência do concreto de referência, aos 21 dias, novamente, ambos parecem convergir para um mesmo ponto, de maneira que a inclusão de uma maior quantidade do agregado alternativo não implicou diretamente em ganhos de resistência para a mistura. A análise do estudo mostra um potencial do concreto incorporado com substituição parcial de agregado graúdo por brita laterítica nas proporções de 25 e 50%, mas questões de organização devem ainda ser estudadas a respeito do tema, com a finalidade de proporcionar a redução dos custos da produção que, mesmo com a grande quantidade do produto em território nacional, ainda não

competem em termos de custos, com os métodos tradicionais usados atualmente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7217**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 7219**: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7251**: Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982

_____. **NBR 9776**: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº200). Rio de Janeiro, 1991

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

BAUER, F. R. J.; TAKASHIMA, S.; MELO, C. E. S. Propriedades mecânicas do concreto de ultra-resistência. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 46, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** São Paulo: IBRACON, 2004.

CHAGAS, R. M. P.. Estudo do concreto laterítico dosado com aditivo plastificante à base de Lignosulfonato. 2011. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

SANTOS, G. B. **Gerenciamento de resíduos na indústria de exploração e produção de petróleo: atendimento ao requisito de licenciamento ambiental no Brasil**. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, vol. 1, n. 2, pp. 23-35, 2013.

YUDELSON, J. Projeto integrado e construções sustentáveis. Porto Alegre: BOOKMAN, 2013.