

INVESTIGAÇÃO SOBRE O POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL

Camila C. Ferreira (1); Roberta V. G. Souza (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Multidisciplinar em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, ca_lilacf@yahoo.com.br

(2) Dra., Professora do Departamento de Tecnologia e Urbanismo, roberta@arq.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Conforto e Eficiência Energética em Edificações, Rua Paraíba, 697, sala 124 – Funcionários, 30130-140 - Belo Horizonte - MG. Telefone: (31)3409-8872

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem-se observado o crescimento alarmante da demanda mundial de energia, exaurindo recursos naturais e contribuindo fortemente para a mudança climática global. Fazem-se então necessárias ações por duas vias: maior utilização de fontes de energias renováveis e eficiência energética (GREENPEACE, 2007). A luz natural é uma fonte de energia renovável disponível, abundante e sem custo, que pode ser aproveitada neste contexto. Apesar disso, a iluminação natural ainda é pouco aproveitada, especialmente no Brasil onde sua disponibilidade é grande.

A análise global da distribuição dos consumos energéticos revela que grande parte da energia é utilizada pelos edifícios comerciais, residenciais e de serviços, consumindo 42% da oferta de energia elétrica do país. É importante ressaltar que os maiores usos finais de energia em edifícios são a iluminação artificial e o ar condicionado. A iluminação é responsável por, aproximadamente, 24% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial (BEN, 2008).

O uso otimizado da luz natural torna-se assim uma importante estratégia para a redução do consumo de energia e de recursos energéticos pelo edifício.

Muitas são as referências sobre tal potencial de economia face ao uso da iluminação natural, muitos são os valores oriundos da experiência internacional citados em literatura nacional, mas não é conhecido de fato o real potencial de economia de energia através do uso da iluminação natural para o caso brasileiro, uma vez que o clima do país, as condições econômicas e a disponibilidade tecnológica se distinguem bastante dos locais de origem dos valores gerados, havendo a necessidade então de se encontrar valores para o cenário brasileiro.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma coleta de dados na bibliografia nacional e internacional em relação à real economia de energia através do uso da iluminação natural de forma a construir um cenário nacional do potencial de economia de energia desta fonte.

3. MÉTODO

O método deste trabalho baseia-se na pesquisa em bibliografia internacional e nacional na área para contextualização mundial do potencial de economia de energia da iluminação natural. A partir dos dados coletados será construído um cenário sobre o uso da iluminação natural, buscando identificar em quais condições se alcançou tal índice de economia para uma posterior avaliação.

3.1. Revisão Bibliográfica

A iluminação natural em si não resulta em economia direta de energia, sua economia se dá através da redução do requerimento de iluminação artificial através da integração entre os sistemas de luz natural e

artificial e através de sistemas de controle da iluminação natural. Assim, esse levantamento se dará nesse sentido.

De acordo com Caddet apud Guidi e Lamberts, (1997) em espaços iluminados adequadamente através da iluminação natural e com sistemas de controle de iluminação artificial pode-se obter uma economia de energia em iluminação entre 30 e 70%.

Na *School of Engineering and Manufacture* a utilização de sensores de ocupação e da iluminação natural gerou uma economia estimada de 50 a 75% (THE EUROPEAN COMMISSION apud GUIDI e LAMBERTS, 1997).

No trabalho desenvolvido por Opdal e Brekke (2007), os autores investigam o potencial de economia direto e indireto na utilização de iluminação natural no interior dos ambientes através de medições e simulações de 10 escritórios pelo período de 1 ano em Trondheim, Noruega. As medições mostraram um potencial de economia de energia pela utilização da iluminação natural integrada ao sistema de iluminação artificial através do uso de sistemas de controle, em torno de 30%, enquanto a simulação para a mesma situação encontrou valores acima de 40%. Sendo que as fachadas sul demonstraram ter maior potencial, em torno de 30%, enquanto as fachadas norte demonstraram um potencial variando entre 2% e 29%.

Roisin et al (2008) desenvolveram um artigo em que eles comparam o potencial de economia de energia gasta em iluminação em escritórios utilizando diferentes sistemas de controle (de presença e dimmer), para 3 localidades da Europa (Bruxelas, Estocolmo e Atenas). Observou-se que o uso de sistemas de controle apresentam uma alta economia de energia, dependendo fortemente da orientação e da localização do ambiente. A economia de energia variou entre 45 e 61%. O melhor caso simulado foi o de um escritório de fachada sul em Atenas. Neste caso houve uma economia equivalente a 61% do consumo de energia anual. O pior caso simulado foi um escritório de fachada norte em Estocolmo, onde o potencial de economia foi próximo a 45%.

Szerman (1993) encontrou uma economia de energia para iluminação da ordem de 77% e de 14% na economia total de energia, através de simulações em um escritório hipotético (5,5 x 2,2 m) com uma única abertura voltada para a fachada sul (no hemisfério norte), e o uso de sistemas de controle da iluminação natural.

Embrechts e Van Bellegem (1997) mediram que um sistema de dimerização individualizado pode oferecer uma economia de energia entre 20 e 40% dependendo da fachada.

No trabalho desenvolvido por Li et al (2006), foram realizadas medições em um escritório de planta livre, que possuíam sistemas de controle de iluminação de dimerização e controle automático on/off, em Hong Kong para a fachada norte. O escritório está localizado no quinto andar com dimensões de 5,88 x 10,29 m. Estimou-se uma economia anual de 33 % para este caso.

Em trabalhos semelhantes os seguintes resultados foram encontrados:

- Knight (1999) mediu ganhos entre 44 a 76% usando sistemas de controle de iluminação;
- Galasiu et al. (2003) encontraram valores entre 30-40% em fachadas sul e 20-30% em fachadas norte;
- Li et al. (2004) avaliaram a performance da dimerização aliada a de controles liga/desliga e concluiu houve redução no consumo de energia em 33%.

No cenário nacional, Ghisi e Lamberts (1997) realizaram um levantamento das condições de iluminação natural em salas de aula do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, objetivando avaliar o potencial de economia de energia elétrica através da redução do uso de iluminação artificial. As medições foram realizadas em 4 salas de aula de condições e dimensões equivalentes. O sistema das salas de aula, composto por 4 luminárias perpendiculares ao plano das janelas, permitiam o desligamento das duas fileiras de luminárias próximas às janelas ou apenas da fileira mais próxima às janelas, de acordo com a disponibilidade de luz natural. Através da aplicação deste tipo de controle on/off obteve-se uma economia de eletricidade em iluminação de 50% no período de primavera e verão. Já no período de inverno e outono a economia foi de 18%.

Já o trabalho desenvolvido por Alves et al. (1998) diz respeito à integração dos sistemas de iluminação artificial e natural, aplicada ao estudo de caso do Mercado Central de Belo Horizonte. O Mercado Central ocupa uma área de 14.400 m² e seu prédio atualmente é constituído por dois pavimentos, sendo no pavimento térreo onde se encontram os boxes e armazéns de comercialização e no pavimento superior o estacionamento e o setor administrativo. A integração dos sistemas neste caso se deu através de dimerizadores conjugados com os sensores de iluminação. No estudo realizado, o controlador aciona a alimentação do circuito para os níveis programados de 33%, 50% ou plena carga. Com esse sistema, em termos de consumo de energia mensal, alcançou-se uma economia de 64,3% no primeiro pavimento e de 12,7% no segundo pavimento.

SOUZA (1995) verificou, através de simulações, que o aproveitamento da luz natural proporciona uma economia de energia elétrica em iluminação variando entre 35% e 70%, dependendo de parâmetros como orientação da fachada principal, nível de iluminamento, densidade de potência de iluminação e profundidade das salas.

A seguir estes dados coletados serão organizados de forma a serem avaliados sob as condições em que as economias de energia advindas do uso da iluminação natural foram obtidas.

4. RESULTADOS PARCIAIS

A coleta de dados em bibliografia nacional e internacional apresentou uma série de valores relacionados ao potencial de economia de energia gerado pelo uso da iluminação natural, através da integração com o sistema de iluminação artificial, sendo a maior parte destes dados de origem internacional. Diversos foram os sistemas de controle utilizados: *dimmers*, controle individual de luminária, controle on/off, controle automático on/off e sensor de presença. A seguir, na Tabela 1, são apresentados um resumo dos dados coletados na literatura.

Tabela 1– Resumo dos dados coletados sobre o potencial de economia de energia da iluminação natural

Autor	Ano	Localidade	Latitude	Tipologia da edificação	Sistema de controle da luz natural	Potencial de economia(%)			
						Fachada Sul		Fachada Norte	
						Min.	Máx.	Min.	Máx.
Brekke e Hansen	1995	-	-	-	Dimmer	30	40	30	40
					Dimmer	20	30	20	30
Szerman	1993	Alemanha	-	Escritórios	Dimmer	-	77	-	77
Alves et al.	1998	Belo Horizonte (Brasil)	19° 55' S	Comercial	Dimmer	12,7	64,3	12,7	64,3
Li et al.	2006	Hong Kong	22° 15' N	Escolas	Dimmer	33			
Lee e Selkowitz	2006	Nova York (Estados Unidos)	40° 47' N	Escritórios	Dimmer	> 60			
Li e Lam	2002	Hong Kong	22° 15' N	Escolas	Dimmer	Em torno de 70			
Atif e Galasiu	2002	Quebec	46° 48' N	Escritórios	Dimmer	Acima de 63,5			
		Ottawa	45° 24' N		Controle automático on/off	68			
Souza	1995	Florianópolis (Brasil)	27° 35' S	Escritórios	Controle on/off	30	70	28	70
Ghisi e Lamberts	1997	Florianópolis (Brasil)	27° 35' S	Escolas	Controle on/off	18	50	18	50
Galasiu et al.	2003	Ontario (Canadá)	43° 50' N	Escritórios	Dimmer e controle automático on/off	50	60	50	60
Li et al.	2004	Hong Kong (China)	14° 6' N	Escritórios	Dimmer e controle automático on/off	-	33	-	33
Roisin et al.	2007	Atenas (Grécia)	37° 9' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	61	63	57	59
		Bruxelas (Bélgica)	50° 9' N		Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	54	56	51	53
		Estocolmo (Suécia)	59° 65' N		Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	51	53	47	49
Opdal e Brekke	1995	Trondheim (Noruega)	63° 36' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	26	35	2	29
Knight	1999	Reino Unido	Entre 40° e 61° N	-	Dimmer com controle individual de luminária	44	76	44	76
Embrechts e Van Bellegem	1997	Bélgica, Países Baixos e Luxemburgo	Entre 40° N e 51° 5' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária	20	40	20	40
Onaygil e Güller	2003	Istambul (Turquia)	40° 58' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária	21	45	21	45

Através da tabela apresentada pode-se perceber que o sistema de controle escolhido é determinante no potencial de economia. Quando houve a utilização de dimerização o potencial de economia variou entre 12,7 e 77%. No caso de controle *on/off* a economia foi de 18% a 70% e de controle automático *on/off* de 68%. A utilização de dimerização e controle automático *on/off* possibilitou uma economia de 33% a 60%. Já a dimerização associada ao controle de presença gerou uma economia de 20% a 76%. E no caso da dimerização com controle individual ao sensor de presença, a economia variou de 2% a 63%. O sistema que apresentou maior economia foi a dimerização conjugada com sensores de presença e o sistema que apresentou menor economia foi a dimerização com controle individual associado ao sensor de presença. No entanto, mesmo entre tipos de sistema de controle semelhantes houve considerável variação de um caso para outro, o que se deve provavelmente às diferentes latitudes e cidades em que foram realizados os estudos, que possuem diferentes disponibilidades externas de luz natural.

Observando-se, no entanto, a variação do potencial de economia de energia de acordo apenas com a latitude, observa-se que não há uma relação consistente, como pode ser visto na Tabela 2. Assim a variação do potencial entre tipos de sistema de controle semelhantes aparentemente não pode ser explicada apenas pela diferença de latitude dos locais onde as pesquisas foram desenvolvidas e muito provavelmente deve-se mais à frequência de ocorrência de tipos de céu em cada localidade.

Tabela 2– Potencial de economia de energia comparando as fachadas Sul e Norte.

Localidade	Latitude	Tipologia da edificação	Sistema de controle da luz natural	Potencial de economia(%)			
				Fachada Sul		Fachada Norte	
				Min.	Máx.	Min.	Máx.
Atenas (Grécia)	37° 9' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	61	63	57	59
Bruxelas (Bélgica)	50° 9' N		Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	54	56	51	53
Estocolmo (Suécia)	59° 65' N		Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	51	53	47	49
Trondheim (Noruega)	63° 36' N	Escritórios	Dimmer com controle individual de luminária e sensor de presença	26	35	2	29

Os resultados mostram que a variação do potencial de economia de energia através do uso da iluminação natural está relacionado ao tipo do sistema de controle utilizado, não havendo influência significativa da latitude nos valores obtidos. Há ainda a necessidade de se investigar a influência do clima e suas variáveis, tais como o tipo de céu predominante, orientação da fachada, área de abertura e densidade de potência instalada, uma vez que todos estes são parâmetros que irão influenciar no potencial de economia de energia através do uso da iluminação natural.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, T. P.; LARA, V. C. D.; VIANA JÚNIOR, G. F.; VONO, C. P.; ASSIS, E. S.; SOUZA, R. V. G. **Análise de Desempenho e Otimização do Sistema de Iluminação Artificial do Mercado Central**. In: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 1998.
- BEN (2008) - Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – Ano Base 2007**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 30 set. 2008.
- GALASIU, A. D.; ATIF, M. R. **Energy Performance of daylight-linked automatic lighting control systems in large atrium spaces: report on two field-monitored case studies**. Energy and Buildings 35, 441-461, 2003.
- BREKKE, B.; HANSEN, E. H. **Energy saving in lighting installations by the utilization of daylight**. In.: Proceedings of the Right Light, vol. 3, 875-886, 1995.
- DOULOS, L.; TSANGRASSOULIS, A.; TOPALIS, F. **Quantifying energy savings in daylight responsive systems: the role of dimming electronic ballasts**. Energy and Buildings 40, 36-50, 2008.
- EMBRECHTS, R.; BELLEGEN, C. V. **Increased energy savings by individual light control**. In.: Proceedings of Right Light 4, Copenhagen, Denmark, (1997), pp. 179-182.
- GALASIU, A. D.; ATIF, M. R.; MACDONALD, R. A. **Impact of window blinds on daylight-linked dimming and automatic on/off lighting controls**. Solar Energy 76, 523-544, 2003.
- GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Avaliação das Condições de Iluminação Natural nas Salas de Aula da Universidade Federal de Santa Catarina**. In.: I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Canela, 1997.
- GREENPEACE (2007). **Revolução Energética: perspectivas para energia global sustentável**. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org>>. Acesso em 30 set. 2008.
- LEE, E. S.; SELKOWITZ, S.E. **The New York Headquarters daylighting mockup: monitored performance of the daylight control system**. Energy and Buildings 38, 914-929, 2006.
- LI, D. H. W.; LAM, J. C. **An investigation of daylight performance and energy saving in a daylight corridor**. Energy and Buildings 35, 365-373, 2003.
- _____. **Evaluation of lighting performance in Office buildings with daylight controls**. Energy and Buildings 33, 793-803, 2001.
- LI, D. H. W.; LAM, J. C.; WONG, S.L. **Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls**. Energy Conversion and Management 47, 914-929, 1997.
- KNIGHT, I.P. **Measured energy savings due to photocell control of individual luminaire**. Lighting Research Technology 31 (1), 19-22, 1999.
- ROBBINS, C. L. **Daylighting: design and analysis**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1986. 877 p.
- ROISIN, B.; BODART, M.; DENEYER, A.; D'HERDT, P. **Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption**. Energy and Buildings 40, 514-523, 2008.
- PROCEL EDIFICAÇÃO, <<http://www.eletronbras.com/procel>>.
- ONAYGIL, S.; GÜLLER, Ö. **Determination of the energy saving by daylight responsive lighting control systems with an example from Istanbul**. Building and Environment 38, 973-977, 2003.
- OPDAL, K.; BREKKE, B. **Energy saving in lighting by utilisation of daylight**. In: Proceedings of Right Light 3, Newcastle, England, 1995, pp. 67-74.
- SOUZA, M. B. de. **Impacto da luz natural no consumo de energia elétrica em um edifício de escritórios em Florianópolis**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1995.
- SZERMAN, S. **Superlink, a computer tool to evaluate the impact of daylight-controlled lighting system onto the overall energetic behaviour of buildings**. In: Proceedings of Right Light 2, Amhem, Netherlands, 1993, pp. 673- 685.