



Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica: Um estudo de caso no prédio da área II da UFPE

Joana Amorim Callado¹, Luiz Filipe Alves de Cordeiro^{1,2}, Vilma Alves de Souza²

¹ Universidade Federal de Pernambuco (joanacallado@yahoo.com.br, filipecordeiro@gmail.com)

² Tribunal de Justiça de Pernambuco (luiz.filipe@tjpe.jus.br, vilma.alves@tjpe.jus.br)

Resumo

Ainda que o Brasil possua uma matriz energética diversificada e predominantemente renovável, o consumo interno de energia tem crescido de forma bastante progressiva baseando-se no uso de fontes não renováveis. Este aumento provoca crescentes custos na geração de energia e uma maior preocupação com os aspectos ambientais. Os setores industrial, residencial e comercial são os maiores responsáveis pelo consumo de energia. A esfera pública representa cerca de 8% do consumo total do país e os sistemas de iluminação e refrigeração são os que mais se destacam entre os consumidores. Diante deste cenário, é importante o uso em conjunto de normas, de novas tecnologias e de medidas de conservação que proporcionem uma maior economia de energia. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de eficiência energética no prédio da Área II/ CCEN da Universidade Federal de Pernambuco. Serão abordadas as áreas de iluminação e de refrigeração, mediante projetos embasados na eficiência energética e com o uso de tecnologias mais eficientes e econômicas. De posse dos resultados, serão avaliados os impactos positivos da economia na conta de energia da universidade e na redução das emissões de CO₂.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Emissão de CO₂. Iluminação. Sistema de Climatização..

Área Temática: Energia e energias renováveis

Evaluation of Energy Conservation Potential: A case study in the building of area II of UFPE

Abstract

Although Brazil has a diversified and predominantly renewable energy matrix, domestic energy consumption has grown very gradually based on the use of non-renewable sources. This increase causes increasing costs in energy generation and increased concern about environmental issues. The industrial, residential and commercial sectors are mainly responsible for energy consumption. The public sphere accounts for about 8% of total consumption in the country and lighting and refrigeration systems are the most prominent among consumers. In this context, it is important to use together standards, new technologies and conservation measures that provide greater energy savings. The objective of this work is to carry out an energy efficiency study in Área II / CCEN of the Federal University of Pernambuco. The lighting and cooling areas will be addressed through projects based on energy efficiency and the use of more efficient and economical technologies. The results will evaluate the positive impacts of the economy on the university's energy project and the reduction of CO₂ emissions.

Key words: Energy Efficiency, CO₂ Emissions, Illumination, Cooling Systems

Theme Area: Energy and renewable energies



1 Introdução

A alteração do clima é um fenômeno natural e ao longo de anos sempre causou preocupações devido aos impactos causados. O Acordo de Copenhague, realizado em 2009 na Dinamarca, reuniu os maiores líderes mundiais para discutir como reagir às mudanças climáticas atuais (COPENHAGEN ACCORD, 2009). O documento criado reconhece que a mudança climática é um dos maiores desafios dos dias atuais e que ações devem ser tomadas para limitar o aumento das temperaturas globais a 2°C acima dos níveis pré-industriais (IEA, 2013). Muitos estudos já confirmam que o aumento da temperatura média da terra e, conseqüentemente, o aumento do nível dos oceanos, causado pelo derretimento das geleiras, são frutos da intensificação dos Gases do Efeito Estufa (GEE).

Para que possa haver uma comparação entre as emissões de diversos gases do efeito estufa, suas emissões são contabilizadas em uma unidade comum: tCO₂ (toneladas de dióxido de carbono). O CO₂ foi escolhido como gás de referência devido ao fato de ser a substância cuja emissão é afetada pelas emissões antrópicas que mais contribuem para o aquecimento global. O CO₂ é o gás mais abundante na atmosfera sendo produzido, principalmente, pela combustão dos combustíveis fósseis. Na indústria da eletricidade, vale ressaltar, a geração termelétrica baseada na queima desses combustíveis é considerada a principal fonte de emissão de CO₂.

Historicamente, o Brasil não tem dado a real importância econômica e ambiental para a questão da eficiência energética. O mais preocupante é que, mesmo com a crise desencadeada pelo risco de escassez de energia no país e a elevação dos preços das tarifas, não se tem investido em programas com resultados expressivos na área de conservação de energia. Em 2001, por exemplo, o país enfrentou um déficit entre geração e consumo de energia elétrica, tendo resultado no maior racionamento de energia elétrica da história. Os efeitos do racionamento não ficaram restritos somente ao consumo, mas acabaram influenciando na economia, na política e no país, de maneira geral, direta ou indiretamente. O impacto do racionamento no consumo de energia ocorreu de forma distinta entre as regiões do país e as atividades desenvolvidas em cada setor.

Segundo dados do último Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016, a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 581,5TWh em 2015, resultado 1,5% inferior ao ano de 2014. As centrais elétricas de serviço público, com 83,4% da geração total, permanecem como principais contribuintes. A principal fonte de geração de energia elétrica é a fonte hidráulica, embora tenha apresentado uma redução de 3,7% na comparação com o ano anterior (BEN, 2015).

A eficiência energética é tida como a forma mais rápida e barata de aprimorar o uso das fontes de energia. Visa obter uma máxima otimização do consumo através de um gasto racional e eficiente, sem prejudicar o produto final. Através de medidas estratégicas, é possível mitigar o desperdício de energia gerado na produção, distribuição e utilização. Como por exemplo, é possível citar o uso de equipamentos mais modernos e implantação de um sistema inteligente e mais eficaz (SAVOLAINEN, 2004).

A conservação de energia mostra a necessidade de pôr em prática medidas que combatam o desperdício de energia, através da mudança de hábitos dos consumidores e do uso eficiente da energia elétrica.

2 Metodologia

Apresentação e Análise do Prédio do Estudo



A Área II é um órgão de apoio do Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN. O centro fornece base científica necessária para o desenvolvimento da carreira escolhida e para a formação educativa e profissional com qualidade ao conjunto de estudantes que cursam as disciplinas básicas dos cursos de graduação do CCEN, do Centro de Informática (CIn) e do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG). A Área II foi criada em 1971 com o objetivo de congregar os ciclos geral e básico dos cursos de tecnologia e de ciências exatas, atendendo cerca de 8.991 alunos distribuídos em 162 turmas. Atualmente, são ministradas disciplinas básicas para os cursos de graduação em engenharias, ciências da computação, estatística, física, matemática, geologia, química e química industrial.

Levantamento da Carga Instalada

Durante os meses de Abril e Maio de 2017, foi realizado um levantamento da carga instalada (iluminação e refrigeração) do prédio Área II.

As instalações do prédio Área II aparentam já terem passadas por um processo de revitalização e faz uso de antigas luminárias eficientes e com aspecto de baixa eficiência energética, compostas, em sua maioria, com uma ou duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32 W; porém, nota-se ainda a existência de luminárias compostas com lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 40 W. Já o sistema de refrigeração é composto majoritariamente por condicionadores de ar do tipo Split e poucas unidades do tipo janela. Os dados coletados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento do sistema de iluminação e do sistema de refrigeração da Área II/ UFPE

Quantidade de Luminárias	Quantidade de Lâmpadas	Potência Total Iluminação (W)	Quantidade de Condicionadores de Ar	Carga Instalada (BTUs)	Potência Total Refrigeração (W)
409	790	25783	59	1.643.000	193570

Para o estudo de caso, estipulou-se que cada lâmpada trabalha durante 22 dias/mês e 10h/dia, das quais 3h são referentes ao horário de ponta e as 7h restantes referentes ao

horário fora da ponta. Para efeito de cálculo, o consumo dos reatores não está sendo contabilizado. Assim, o consumo mensal referente ao sistema de iluminação será:

$$E_{\text{iluminação_mensal}} = 25,783 \text{ kW} \times 10 \text{ h} \times 22 \text{ dias} = 5.672,26 \text{ kWh}$$

Uma medida de conservação de energia que pode ser aplicada é a substituição lâmpadas que atendam a mesma quantidade de lúmens por ambiente, porém que apresentem uma melhor eficiência e tenham um menor consumo de energia. Neste caso, haverá a substituição das lâmpadas fluorescentes de 32W e 40W por lâmpadas LED de 18W (já que são equivalentes em relação à quantidade de lúmens) e a substituição de lâmpadas fluorescentes de 15W por lâmpadas LED de 9W.

Nessa nova configuração, a potência total de iluminação corresponde a um valor de 14.139W. Admitindo as mesmas condições iniciais para efeito de cálculo, o consumo mensal com as lâmpadas de LED será:

$$E_{\text{iluminação_mensal_LED}} = 14,139 \text{ kW} \times 10 \text{ h} \times 22 \text{ dias} = 3.110,58 \text{ kWh}$$

É possível observar uma diferença no consumo energético de 2.561,68 kWh. Esta



redução equivale aproximadamente 45,16%.

Por sua vez, o sistema de refrigeração apresenta uma capacidade total de 193,57kW. Admitindo, para efeitos de cálculo, que os aparelhos funcionem durante 22 dias por mês e 10h/dia, das quais 3h são referentes ao horário de ponta e as 7h restantes ao horário fora da ponta, o consumo mensal com o sistema de refrigeração será:

$$E_{\text{refrigeração mensal}} = 193,57\text{kW} \times 10\text{h} \times 22 \text{ dias} = 42.585,40\text{kWh}$$

A medida de conservação de energia que será aplicada é a substituição dos diversos aparelhos condicionadores de ar por um sistema central, através do uso de um *chiller*. A capacidade total dos aparelhos é de 1.643.000 BTUs, esse valor corresponde a cerca de 137 toneladas de refrigeração (TR). Diante dos valores comerciais existentes no mercado e segundo um especialista na área de refrigeração, o equipamento adotado para a implementação do projeto é o *chiller* de 120TR. Este equipamento possui uma potência de 132kW.

O *chiller* é um equipamento que não trabalha durante o horário de ponta, uma vez que seu consumo de energia é muito alto. Este aparelho é capaz de suportar com folga todas as cargas de refrigeração instaladas, uma vez que o seu sistema trabalha buscando manter o equilíbrio de refrigeração em todos os ambientes. Para os condicionadores de ar foram admitidas 10h de funcionamento por dia, das quais 3h correspondem ao horário de ponta e as outras 7h correspondem ao horário fora de ponta. O *chiller* funcionará 7h por dia (apenas em horário fora de ponta), durante 22 dias por mês. Assim, o novo consumo mensal com o uso desse equipamento será:

$$E_{\text{refrigeração chiller}} = 132\text{kW} \times 7\text{h} \times 22 \text{ dias} = 20.328 \text{ kWh}$$

Com a implementação desse tipo de sistema de refrigeração, é possível observar uma diferença no consumo energético total de 22.257,40 kWh. Esta redução equivale a aproximadamente 52,26%.

Na Tabela 2 é possível visualizar o impacto no consumo de energia com a implementação dos sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes.

Tabela 2 – Relação de consumo de energia elétrica e redução após a implementação dos sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes

	Consumo no Sistema Antigo (W)	Consumo no Sistema Novo (W)	Redução no Consumo (%)
Iluminação	5.672,26	3.110,58	45,16
Refrigeração	42.585,40	20.328	52,26

Análise de Custos

Para a implementação do sistema LED foram adotadas as *Lâmpadas LED Tubular T8 09W 60cm bivolt* no valor de R\$ 16,90 cada lâmpada e as *Lâmpadas LED Tubular T8 18W 60cm bivolt* no valor de R\$ 28,90 cada unidade. As luminárias existentes foram mantidas e os modelos de lâmpadas foram escolhidos baseados no seu custo/benefício. Os valores dos produtos estão compatíveis com o mercado.

Na Tabela 3 é mostrado o valor do projeto para a implementação do sistema de iluminação baseado em lâmpadas LED na Área II.

Tabela 3 – Custo da instalação de lâmpadas e luminárias do tipo LED

Lâmpada	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
---------	------------	-------------	-------------



LED 9W	9	16,90	152,10
LED 18W	792	28,90	22.888,80
Total (R\$)			23.040,90

O total de investimento do projeto de lâmpadas do tipo LED é de **R\$ 23.040,90**.

Para a implementação do sistema de refrigeração, foi escolhido o equipamento *chiller* com uma capacidade de 120TR, cotado no valor de R\$180.000,00. Para o cálculo de custo deste projeto, foram desconsiderados valores relativos aos sistemas de apoio, custos provenientes de tubulações, mão-de-obra, fios/cabos condutores, eletrodutos, etc.

O total de investimento do projeto de refrigeração é de R\$ 180.000,00.

Com a substituição do sistema de iluminação houve uma economia total de 2.561,68kWh e com o sistema refrigeração uma economia total de 22.257,40kWh. Em relação à demanda, a substituição por sistemas mais eficientes proporcionou uma redução de 73,21kW, dos quais 11,64kW são referentes à substituição do sistema de iluminação e 61,57kW referentes à substituição do sistema de refrigeração.

Após a implementação dos sistemas mais eficientes de iluminação e refrigeração, foi possível observar uma redução considerável em relação ao consumo e à demanda de energia. Dentre as possibilidades para a redução no preço da fatura da universidade, a melhor opção seria continuar com a tarifa horossazonal verde, com uma demanda contratada de 2.850,00kW. Essa configuração resulta numa conta no valor de **R\$ 4.520.365,88**. Assim será possível uma economia de **R\$ 279.501,40** por ano, ou seja, aproximadamente 5,82%.

Análise dos Custos Ambientais

O fator de emissão de dióxido de carbono (CO₂) associado ao consumo de eletricidade definido é igual a 0,47 kgCO₂/kWh (CORDEIRO, 2015). Com a implementação do sistema de iluminação tipo LED obteve uma diferença no consumo de energia elétrica de 2.561,68 kWh. Já com a implementação do *chiller* no sistema de refrigeração, a diferença no consumo atingida foi de 22.257,40 kWh. Com bases nesses dados, na Tabela 6 é mostrada uma síntese dos consumos de energia de cada sistema antes e depois da implementação do projeto de eficiência.

Tabela 6 – Síntese dos consumos de energia elétrica equivalente a um mês

	Sistema de Iluminação	Sistema de Refrigeração
Antes	5.672,26	42.585,40
Depois	3.110,58	20.328,00
Economia	2.561,68kWh	22.257,40kWh

De posse dos dados do consumo de energia, é possível estimar a quantidade de kgCO₂ liberada por cada sistema de acordo com o consumo de energia. Na Tabela 7 são apresentados os valores de emissão de CO₂ de cada sistema antes e depois da implementação do projeto de eficiência.

Tabela 7 – Valores de emissão de CO₂ referentes aos sistemas de iluminação e refrigeração

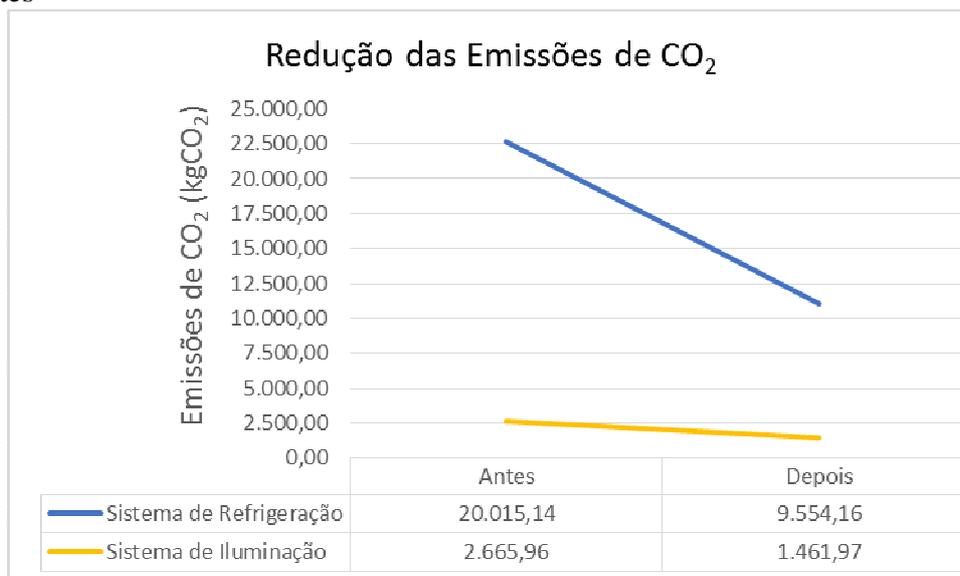
	Sistema de Iluminação	Sistema de Refrigeração
Antes	2.665,96	20.015,14
Depois	1.461,97	9.554,16



Redução **1.203,99 kgCO₂** **10.460,98 kgCO₂**

Após um ano de funcionamento dos sistemas de iluminação e refrigeração implementados, 139.979,64 kg CO₂ de gases do efeito estufa não foram emitidos para a atmosfera. Na Figura 2 é apresentada uma melhor visualização da redução das emissões de CO₂ devido à substituição pelos sistemas mais eficientes.

Figura 2 – Redução das emissões de CO₂ após a implementação de sistemas mais eficientes



3 Resultados

Como foi visto anteriormente, o valor necessário para a implementação do sistema de iluminação mais eficiente é R\$ 23.040,90 e para o sistema de refrigeração R\$ 180.000,00. De posse desses valores, diferentes situações de investimentos são analisadas a seguir.

Implementação do Sistema de Iluminação

Apenas com a substituição do sistema de iluminação, haverá uma economia total de energia de 2.561,68 kWh por mês e uma redução de demanda registrada de 11,64kW. Assim, o gasto anual da universidade, considerando o uso da tarifa horossazonal verde e com demanda contratada 2.800,00kW, será R\$ 4.778.522,06. Reajustando para uma demanda contratada de 2.900,00kW, o novo gasto anual será R\$ 4.773.531,41.

Comparando-se à configuração inicial, sem a substituição do sistema de iluminação, a conta anual da universidade é de R\$ R\$ 4.799.867,28. Desta forma, é possível ver uma economia no valor de R\$ 26.335,87 por ano. O cálculo do *payback* para configuração é mostrado a seguir.

$$Payback_1 = \frac{23.040,90}{26.335,87} = 0,87 \text{ anos} \cong 11 \text{ meses}$$

O investimento inicial de R\$ 23.040,90 referente apenas ao sistema de iluminação tem um retorno em 11 meses após a sua implementação.

Implementação do Sistema de Refrigeração

Com a substituição apenas do sistema de refrigeração, haverá uma redução total de energia de 22.257,40kWh por mês, uma redução na demanda registrada fora de ponta de 61,57kW e uma redução da demanda registrada na ponta de 193,57kW. Assim, o gasto anual



da universidade, considerando o uso da tarifa horossazonal verde e com demanda contratada 2.800,00kW, será R\$ 4.541.586,32. Reajustando para uma demanda contratada de 2.900,00kW, o novo gasto anual será R\$ 4.540.669,95.

Comparando-se à configuração inicial, sem a substituição do sistema de refrigeração, a conta anual da universidade é de R\$ R\$ 4.799.867,28. Após a implementação somente do sistema de refrigeração, é possível ver uma economia no valor de R\$ 259.197,33 por ano.

Desta forma, o investimento inicial de R\$ 180.000,00 referente apenas ao sistema de refrigeração tem um retorno em 9 meses após a sua implementação.

Implementação do Sistema de Iluminação e Refrigeração

Com a implementação dos sistemas de iluminação e de refrigeração houve uma economia total de energia de 24.819,08 kWh. Em relação à demanda, a substituição proporcionou uma redução de 73,21kW. Na demanda registrada fora de ponta, será reduzido o valor de 73,21kW. Por sua vez, na demanda registrada na ponta, será reduzido o valor 205,21kW, equivalente ao sistema de refrigeração antes da implementação do *chiller* juntamente com o valor referente à economia com o sistema de iluminação.

Na Tabela 8 é apresentado um resumo acerca das possibilidades de implementação dos sistemas e a forma na qual é encontrada a melhor economia na conta de energia elétrica.

Tabela 8 – Resumo da análise de implementação de cada sistema

SISTEMA	INVESTIMENTO (R\$)	ECONOMIA/ ANUAL (R\$)	TARIFA	DCP (kW)	DCFP (kW)	PAYBACK
ILUMINAÇÃO	23.040,90	26.335,87	VERDE	-	2.900,00	11 meses
REFRIGERAÇÃO	180.000,00	259.197,33	VERDE	-	2.900,00	9 meses
ILUMINAÇÃO E REFRIGERAÇÃO	203.040,90	279.501,33	VERDE	-	2.850,00	9 meses

Diante desta análise, é possível observar que o investimento na implementação de qualquer dos sistemas propostos trará um retorno em um curto espaço de tempo, tornando-o viável e de baixo risco. É importante ressaltar que este estudo realizado é referente somente ao prédio da Área II. Os resultados obtidos são uma consequência do perfil de consumo de energia deste prédio.

4 Conclusões

O objetivo principal deste artigo foi propor um estudo de eficiência energética aplicando a conservação de energia no prédio da Área II/ UFPE. Em relação ao sistema de iluminação, foi observado que a troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas tipo LED trouxe uma economia de aproximadamente 45%. Tratando-se do sistema de refrigeração, os aparelhos de janela e tipo split foram substituídos por um sistema central, o *chiller*. A redução de energia proporcionada pela substituição do sistema atingiu o valor de aproximadamente 52%.

Foi provado que ambos os sistemas implementados contribuíram para a redução no consumo de energia. O sistema de refrigeração teve um maior destaque, uma vez que a utilização do *chiller* causou uma diminuição na demanda contratada na hora de ponta, já que este equipamento não opera durante esse período. Este resultado impactou positivamente no preço da fatura de energia e permitiu evidenciar que o investimento em equipamentos mais eficientes proporciona uma melhora substancial nas questões ambientais e financeiras.



É possível observar que os ganhos reais de conservação de energia ainda são muito sutis e discordam com o crescimento de carga e das emissões de CO₂, principalmente no Brasil. Constata-se que a cada ano as emissões provenientes da geração e do consumo devem aumentar consideravelmente.

As propostas realizadas neste artigo de eficiência energética oferecem excelentes oportunidades de redução do desperdício do uso dos insumos energéticos. É importante salientar que medidas, como as apresentadas neste artigo, sejam implementadas em diferentes setores da universidade. O governo tem um papel fundamental em promover ações mais eficientes e rígidas de conservação, atuando incisivamente e incentivando a criação de novos programas que proporcionem uma melhor e mais eficiente segurança energética, econômica e ambiental.

Referências

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Final do Balanço Energético Nacional 2016**. Brasília, 2015. Acesso em: 25 abr. 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>.

COPENHAGEN ACCORD. **The United Nation Climate Change Conference**. In: Copenhagen, 2009.

CORDEIRO, Luiz Filipe Alves. **Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro com Foco nas Emissões de CO₂**. 2015. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2008**. Paris: OECD/IEA, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2013**. Paris: OECD/IEA, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE. **Cambio climático: informe de síntesis**. Genebra, Suíça, 2007.

IPCC-WGIII. Contribuição do Grupo de trabalho III ao 4º. **Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. 2007.

SAVOLAINEN, Akseli. **Hacia um Futuro Mejor**. Revista ABB, p.34-38, 2004.

UNDP. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 - Combater as Alterações Climáticas: Solidariedade Humana num Mundo Dividido**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Ed. Almeida, Coimbra, 2007. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-portuguese.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.