

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VISANDO A UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO E ATENUAÇÃO DA DESIGUALDADE SOCIAL NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 01/03/2023

Giorgio Antonio Chiarini Silva

Universidade do Estado do Amazonas,
Escola Superior de Tecnologia, EST/UEA,
Manaus, AM

Tales Antonio Martins Lima

Universidade Federal do Amazonas,
UFAM, Manaus, AM

Luiz Henrique Barbosa Nunes-Filho

Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio
de Janeiro, RJ

Luis Pedro Matos da Silva

Universidade de São Paulo, USP, São
Paulo, SP

Victória do Monte Rodrigues

Universidade Estadual de Campinas,
Unicamp, Campinas, SP

Sergio Duvoisin Júnior

Universidade do Estado do Amazonas,
Escola Superior de Tecnologia, EST/UEA,
Manaus, AM

Roberto Alexandre Alves Barbosa Filho

Sistema Colégio Militar do Brasil, Colégio
Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM

Guilherme Henrique Almeida Pereira

Universidade Federal de Roraima,
UFRR, campus Murupu, Boa Vista, RR

RESUMO: A contribuição da região Norte para o Sistema Elétrico Nacional é, em quase sua totalidade, oriunda de hidrelétricas e termelétricas, fontes emissoras de toneladas CO₂ para atmosfera anualmente. Antes da interligação ao sistema, essas fontes é que alimentavam as edificações na região, incluindo os sistemas de refrigeração e iluminação. Diante disso, planejou-se um sistema que possibilitará às organizações uma economia eficiente e de baixo carbono, ao mesmo tempo em que contribuirá para atenuação da desigualdade social e, assim, para conservação ambiental e sustentabilidade na Amazônia. O projeto prevê o aproveitamento energético da radiação solar na região Amazônica para os sistemas de refrigeração. Além disso, prevê a substituição de condicionadores de ar convencionais por unidades evaporadoras e unidades condensadoras capazes de reduzir 50% do consumo e usando gás refrigerante que não degrada o ozônio atmosférico, em lugar de HCFC-22. Planeja também a reutilização de componentes elétricos de lâmpadas fluorescentes, para produção de lâmpadas LED, com gerenciamento dos resíduos visando à geração de renda em associações de catadores. Dessa forma, além de tornar as

organizações “usinas” de produção de energia limpa e renovável, o sistema poderá zerar o consumo de energia da rede pública ao mesmo tempo em que reduzirá a emissão anual de toneladas de CO₂ equivalente e gás HCFC-22 para a atmosfera. Adicionalmente, a destinação dos resíduos a associações poderá gerar receita para atenuar dificuldades de famílias em risco socioeconômico na região.

PALAVRAS-CHAVE: Floresta tropical; Mudanças Climáticas; HCFC; Desenvolvimento Sustentável.

INTRODUÇÃO

Uma instituição sustentável visa compatibilizar eficiência econômica com conservação ambiental e, ao mesmo tempo, contribuir para a equidade social (NASCIMENTO, 2012), especialmente em áreas de conservação que constituem a Amazônia Legal, como o Amazonas. O Estado do Amazonas tem uma população composta por mais de 4 milhões de pessoas, com renda *per capita* abaixo do salário mínimo nacional (IBGE, 2016) e baixos índices educacionais (INEP, 2015). Isso contribui para diversas questões como exploração de mão de obra infantil e baixos índices de desenvolvimento humano (IBGE, 2010; PNUD, 2013).

De encontro a esse cenário, o Estado do Amazonas abriga a maior floresta tropical do mundo, que sequestra toneladas de carbono da atmosfera anualmente, a Amazônia (RIBEIRO et al., 1999). O bioma situa-se na região intertropical onde a radiação solar intensa, combinada à elevada umidade relativa do ar resulta em alto índice de calor na região. Por isso, a demanda por condicionadores de ar é grande na região. Eles funcionam a partir de energia proveniente, em grande parte, de hidrelétricas e termelétricas instaladas nos grandes rios da Amazônia, atividades que emitem grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) como metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (KEMENES, 2006).

Em função de atividades de alto carbono como essas, as emissões dos GEE aumentaram nas últimas décadas. Isso tem elevado a temperatura da atmosfera e ocasionado o aquecimento do planeta, com previsão de derretimento das geleiras e consequente elevação do nível dos oceanos (IPCC, 2014). Além das emissões de GEE, muitos sistemas de refrigeração ainda utilizam um hidroclorofluorcarboneto (HCFC) como gás refrigerante. O HCFC é um gás prejudicial à atmosfera, pois seus átomos de cloro se ligam às moléculas de ozônio (O₃), interferindo no ciclo de formação desse gás (BRAGA et al., 2005). Contudo, o O₃ atmosférico regula a entrada de raios ultravioleta (UV), uma radiação constituída de ondas eletromagnéticas de alta frequência e elevado nível de energia, em especial a UV-C, que pode causar sérios problemas à saúde humana (BRAGA et al., 2005; GASPAR, 2011).

Assim, além de consumir energia de fonte que emite GEE, os sistemas de refrigeração utilizam um gás HCFC e contribuem, dessa forma, para dois problemas mundiais: o aquecimento global e a destruição do O₃ atmosférico. Adicionalmente, essas atividades em

geral não contribuem para a redistribuição de renda ou melhoria nas condições de vida de grande parcela da população mundial que convive com baixos índices de desenvolvimento humano, sem acesso a serviços básicos de saneamento, educação e saúde (PNUD, 2013), uma realidade comum na Amazônia. Diante disso, este trabalho planeja um sistema capaz de aproveitar a radiação solar, propiciando desenvolvimento econômico eficaz e de baixo carbono e, ao mesmo tempo, contribuir para redução das injustiças sociais da população local. Sendo assim, ele será energeticamente eficiente, economicamente sustentável e compatível com a equidade social na região amazônica. Adicionalmente, visou testar a hipótese que o gás refrigerante HCFC-22 destrói as moléculas de O_3 da atmosfera.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Para estudo e planejamento do sistema, utilizaram-se as instalações do Colégio Militar de Manaus (CMM) como modelo. O CMM é uma organização de ensino inaugurada em 1971 sob jurisdição do Comando Militar da Amazônia – CMA – e subordinada à Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial – DEPA –. As instalações da escola, que são de arquitetura antiga, compõem-se de três subunidades: o prédio Sede, a Seção de Educação Física – SEF – e a Companhia de Comando e Serviço – CCSv –. Juntas, as elas têm área construída aproximada de 16.400 m². Em sua totalidade, o Sistema Colégio Militar do Brasil – SCMB –, composto por 14 colégios militares, possibilita acesso ao ensino público de qualidade a cerca de 13 mil alunos, dos quais 850 (6%) estudam no CMM na modalidade presencial e 540 na modalidade a distância. Para atender esse efetivo, o SCMB dispõe de mais de 4.660 colaboradores, civis e militares, 420 dos quais estão lotados no CMM.

Equacionamento do novo sistema e estimativas de poluição

Com o objetivo de estimar o consumo médio mensal total do colégio, análises das contas de energia elétrica referentes a dois anos foram realizadas (ELETROBRAS, 2016). Para obter uma estimativa do quanto os sistemas de refrigeração e iluminação representam do total, um inventário dos aparelhos de ar condicionado e de lâmpadas fluorescentes foi realizado, por potência (Watt) e horas de uso. Com base nesses valores, o consumo em quilowatt-hora (kWh) foi calculado, por equipamento, com uma base de 18 dias de plena atividade (excetuando-se finais de semana e meio expediente na sexta-feira). O consumo em reais (R\$) foi obtido com base nas tarifas da concessionária de energia.

Para planejar o aproveitamento energético da radiação solar da região, inicialmente, dados de radiação solar incidente e disponível foram coletados em estação meteorológica situada na SEF. Os dados foram obtidos junto ao Laboratório de Instrumentação Meteorológica – LabInstru – da Universidade do Estado do Amazonas (EUA), que gerencia

a estação. A radiação solar incidente nas áreas onde o colégio se encontra é bastante variável ao longo do ano, mas sempre alta. A média mensal é 115,5 kW/m², sendo a mínima registrada em fevereiro (94,75 kW/m²) e as máximas em agosto, setembro e outubro (135,6; 148,8; e 132,4 kW/m², respectivamente).

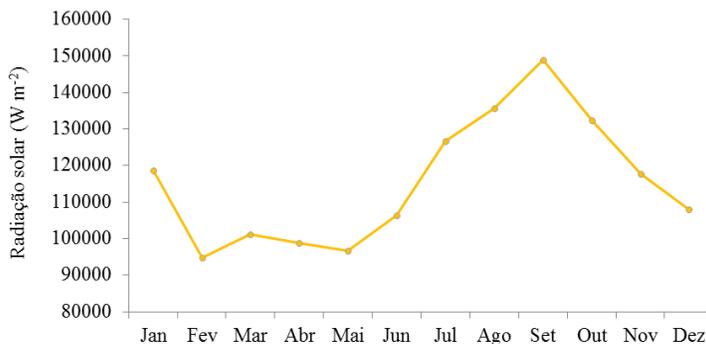


Figura 1. Radiação solar incidente na região onde se insere o Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil (Fonte dos dados: LAB-INSTRU, 2016).

Para o sistema de refrigeração, estimou-se a quantidade de centrais de ar (unidades condensadoras e evaporadoras) necessárias para substituir os aparelhos atuais que usam HCFC-22. As centrais constituem-se módulos de alto desempenho do tipo “Photovoltaic Direct-driven Inverter Centrifugal” (GREE, 2013). Essa tecnologia torna possível redução significativa, a ponto de zerar o consumo de energia. Observando-se a massa, o tamanho e a capacidade das centrais de ar, foram planejados os melhores locais para a instalação. Para as lâmpadas fluorescentes, após inventário, estimou-se o número de lâmpadas LED que serão obtidas a partir da reutilização da matéria sólida, capacitor, resistor e ponte retificadora bem como a potência média que utilizarão.

Como medida de poluição, estimou-se a quantidade de CO_{2equivalente} (CO_{2eq} = CO₂+CH₄+N₂O) associado ao consumo de energia elétrica pelo colégio. Como parte desse consumo é proveniente de hidrelétricas em área tropical, admitiu-se que cada kWh de energia consumido pelo colégio emite 2,15 g CO_{2eq} para a atmosfera (FEARNSIDE, 2015). Além disso, foi quantificada a quantidade de HCFC-22 consumido nos últimos 12 meses a fim de estimar-se a emitida para a atmosfera (CMM, 2016).

Por fim, foi realizado um inventário dos componentes que podem ser reaproveitados nos aparelhos de ar condicionado. Em posse das informações, o valor médio de cada aparelho foi calculado, em reais (R\$), para estimar a receita bruta a ser gerada por meio da reciclagem dos resíduos sólidos não perigosos (ABNT, 2004; BRASIL, 2010) por associações de catadores. Associações do município de Manaus foram contatadas. A partir

dos contatos, foram obtidas as informações técnicas das associações, bem como o número de famílias e total de associados assistidos por cada uma delas.

Experimentação e teste de hipótese

Para testar a hipótese que o HCFC-22 destrói o O_3 atmosférico, um experimento foi conduzido no Laboratório de Química da Escola Superior de Tecnologia – EST/UEA –. Para simular o O_3 atmosférico, moléculas foram produzidas em gerador de ozônio (3ppm Ozone Generator, Modelo 306 - 2Btech). Para avaliar o efeito do HCFC-22, as moléculas de O_3 produzidas foram expostas à radiação ultravioleta (UV), em espectrofotômetro de duplo-feixe (Modelo UV 1800 – Shimadzu), na presença e ausência do HCFC. O espectrofotômetro foi ajustado para obtenção do espectro na faixa UV (A, B e C - 400 até 190 nm) com precisão de 1 nm.

As moléculas de O_3 foram adicionadas a uma cubeta de quartzo (3 ml) para gases e expostas à radiação UV (cubeta de amostragem). O mesmo procedimento foi realizado adicionando-se apenas HCFC-22 à cubeta, para obtenção da absorvância do UV pelo HCFC-22. Após obtenção da absorvância de cada gás, o procedimento foi replicado, mas expondo o O_3 ao HCFC-22. A mistura foi realizada em balão de três bocas ligado a um conjunto de mangueiras. As mangueiras laterais foram conectadas ao gerador de O_3 de um lado e ao cilindro de HCFC-22 (1 kg, 99,8% de pureza) do outro. A mistura O_3 +HCFC-22 foi drenada por mangueira, conectada à boca do meio, até a cubeta inserida no espectrofotômetro, onde foi exposta aos raios UV para aferição da absorvância.

Cada procedimento foi executado 15 vezes. Três leituras de absorvância foram realizadas a cada amostra. A cada leitura das amostras na cubeta de amostragem, concomitantemente, foi realizada uma leitura controle em igual cubeta de quartzo contendo apenas ar atmosférico (cubeta de referência) e submetido ao outro feixe de raios UV. Se a hipótese que o HCFC-22 destrói o O_3 for verdadeira, não haverá absorção da radiação UV quando o O_3 for exposto ao HCFC.

Execução financeira e amparo ao projeto

Concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia devem aplicar, no mínimo, 0,25% de sua receita anual líquida em programas de eficiência energética. Dessa receita, 30% devem ser destinados a projetos de regiões como a Norte do país (BRASIL, 2000; ANEEL, 2008; 2013). Logo, a implantação do projeto, poderá ter sua execução financeira amparada por recursos da distribuidora de energia no Estado do Amazonas, Eletrobrás Distribuição Amazonas, por meio de chamada pública.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo energético atual e poluição associada

O CMM registrou um consumo médio mensal de 97.960 kWh (ELETROBRAS, 2016), o que correspondeu a um gasto aproximado de R\$ 40.160,00 ao mês. Desse total, 68.574 kWh são utilizados por 190 condicionares de ar e cerca de 1640 lâmpadas fluorescentes (Tabelas 1 e 2).

BTU	Nr	Uso h/dia	Potência	Consumo *	
			Watt	kWh/mês	R\$
9000	14	20	4.800	1.850	758,5
10000	2	12	3.000	248	101,5
12000	17	141	33.950	3.830	1.570,0
18000	26	193	68.070	6.947	2.848,0
21000	1	8	3.150	347	142,0
22000	7	46	22.050	1.994	817,6
24000	8	58	25.950	2.597	1.065,1
30000	54	382	232.500	22.506	9.226,3
36000	21	149	92.700	9.507	3.897,2
48000	36	268	162.000	16.601	6.805,4
60000	4	32	19.500	2.147	880,3
TOTAL	190	1309	667.670	68.574	28.112,0

BTU: *British Thermal Unit*; h/dia: Nr: quantidade de aparelhos; horas de uso por dia; kWh/mês: quilowatt-hora por mês; *Valores obtidos para uma base de 18 dias em plena atividade.

Tabela 1. Inventário da potência instalada e consumo dos condicionadores de ar do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Potência Watt	Nr	Uso h/dia	Consumo *	
			kWh/mês	R\$
20	418	86	495	203,1
25	12	7	23	9,3
32	1	6	2	0,8
40	1.212	391	3.888	1.594,0
TOTAL	1.643	490	4.408	1.807,2

h/dia: horas de uso por dia; Nr: quantidade de aparelhos; kWh/mês: quilowatt-hora por mês; *Valores obtidos para uma base de 18 dias em plena atividade.

Tabela 2. Inventário da potência instalada e consumo das lâmpadas fluorescentes do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Infere-se que os sistemas de refrigeração e iluminação representam um gasto aproximado de R\$ 30 mil reais. Isso equivale a quase 75% dos gastos mensais da organização com energia elétrica, apenas para refrigerar e iluminar a edificação. Além de onerosos, esses sistemas estão associados à emissão de grandes quantidades de CO_{2eq} para a atmosfera, já que parte da energia provém de fonte hidrelétrica. Isso é agravado por se tratar de uma área tropical, onde as hidrelétricas naturalmente emitem mais CO_{2eq} que outras regiões (FEARNSIDE, 2015). A estimativa revelou a emissão de cerca de 2 t de CO_{2eq} anualmente. Isso equivale dizer que um integrante da organização contribui para o aquecimento global emitindo 1,5 kg de CO_{2eq} , por ano, para desenvolver suas atividades (Tabela 3). Extrapolando-se para o efetivo de todos os colégios que integram o SCMB, estima-se uma emissão anual superior a 33 t de CO_{2eq} no mínimo, já que o CMM é um dos menores colégios, com pouco mais de 6% dos alunos do sistema.

BTU	Consumo <i>kWh/ano</i>	CO_{2eq} <i>t/ano</i>
<i>Ar condicionado</i>		
9000	22.200	0,048
10000	2.973	0,006
12000	45.955	0,099
18000	83.366	0,179
21000	4.164	0,009
22000	23.934	0,051
24000	31.169	0,067
30000	270.069	0,581
36000	114.079	0,245
48000	199.207	0,428
60000	25.768	0,055
Subtotal	822.886	1,77
<i>Lâmpada fluorescente</i>		
20 W	5.945	0,013
25 W	272	0,0006
32 W	25	0,0001
40 W	46.657	0,100
Subtotal	52.899	0,114
TOTAL	875.784	1,88

BTU: *British Thermal Unit*; *kWh/ano*: quilowatt-hora por ano; CO_{2eq} : CO_2 equivalente ($CO_2+CH_4+N_2O$);

Tabela 3. CO_{2eq} emitido via consumo de energia hidrelétrica por equipamento no Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil

Paralelo ao crescimento de atividades baseadas em uma economia de alto carbono como essa, há registros da elevação rápida da temperatura média da atmosfera do planeta, indicando uma relação positiva entre essas variáveis (IPCC, 2014). Além do CO_2 equivalente emitido, o CMM consome cerca de 620 kg de gás HCFC-22 por ano, um agravante, já que esse gás, além de também ter de efeito estufa, diz-se que tem a capacidade de destruir o ozônio atmosférico. Para o experimento que testou essa hipótese, os resultados revelaram que o HCFC-22 tem um efeito negativo sobre o ozônio na faixa da UV-C. Porém, o experimento não foi capaz de demonstrar que ele destrói as moléculas de O_3 . A faixa de absorção do ozônio para a UV-A e B é baixa. Ambas as radiações chegam à superfície terrestre e são importantes para processos biológico, mas, quando em excesso, principalmente a UV-B, podem causar diversas doenças, entre elas, o câncer de pele (AMABIS E MARTHO, 2013). Já a UV-C é muito perigosa e deve ser filtrada pelo ozônio atmosférico, pois transporta alto nível de energia (GASPAR, 2011). Porém, esse processo fica comprometido quando o O_3 é exposto ao HCFC-22 (Figura 2).

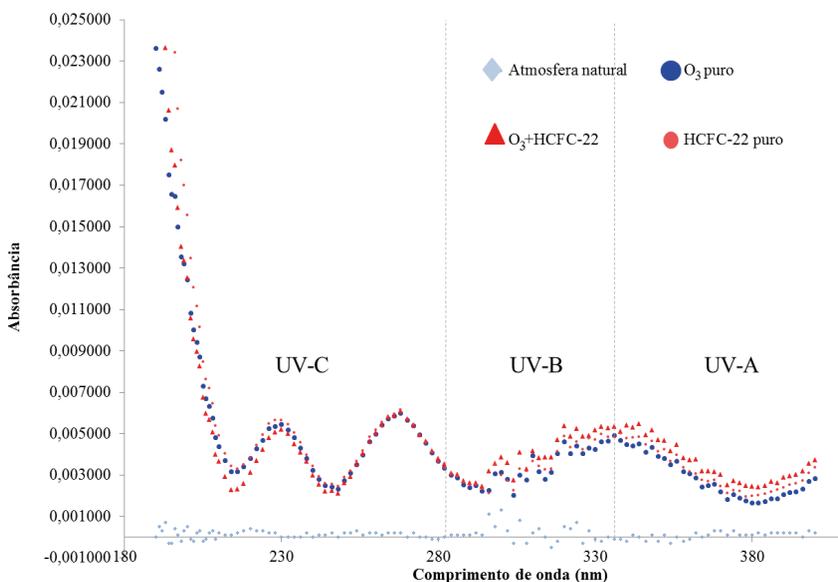


Figura 2. Efeito do gás refrigerante HCFC-22 sobre a absorvância da radiação UV por moléculas de O_3 na faixa da UV-A, UV-B e UV-C.

Como o UV-C é o que traz mais riscos à saúde, o HCFC-22 deve ser completamente abolido e substituído por um gás ecológico alternativo, conforme o firmado pelo governo brasileiro em acordos internacionais, como os Protocolos de Montreal e Copenhague. Como gás alternativo, indica-se o gás HFC-410a, proveniente da mistura de outros dois gases que não comprometem o O_3 atmosférico (BRASIL, 2016).

Por uma economia eficiente e de baixo carbono

Para encerrar essa poluição e tornar a organização uma instituição baseada em uma economia eficiente e de baixo carbono, é necessária a instalação do novo sistema de refrigeração e com lâmpadas LED alimentados por energia solar fotovoltaica limpa e renovável. A capacidade de produção anual de energia nos painéis fotovoltaicos é cerca de 653.400 kWh, sendo os maiores potenciais nos meses de agosto, setembro e outubro, em detrimento de janeiro e fevereiro, meses que registram os menores potenciais de produção (Tabela 4). Para atender essa capacidade, são necessários 1.900 m² de área de painéis fotovoltaicos, perfazendo 770 painéis, com 2,5 m² de área e 260W de potência cada um. Assim, o sistema terá uma capacidade instalada de cerca de 200 kWp para geração de corrente elétrica contínua a partir do aproveitamento da energia solar. Uma vez que aumentará a eficiência da edificação, a implantação dos painéis fotovoltaicos integrará bonificações de até um ponto, para aquisição da etiquetagem Procel para o sistema de refrigeração de acordo Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações – PBE-Edifica (GB3e, 2014). Os painéis deverão ser instalados juntamente a um conversor CC/CA capaz de transformar a corrente contínua em corrente alternada.

Mês	Produção <i>kWh</i>	Mês	Produção <i>kWh</i>
Janeiro	48.351	Julho	57.845
Fevereiro	49.345	Agosto	63.144
Março	49.786	Setembro	62.481
Abril	50.118	Outubro	60.053
Mai	49.897	Novembro	57.072
Junho	53.429	Dezembro	51.884

kWh: quilowatt por hora.

Tabela 4. Potencial de produção de energia solar na região do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil (CRESESB, 2016).

A potência de corrente alternada será utilizada para suprir o consumo do sistema de refrigeração e de iluminação LED. No entanto, a distribuição da corrente deverá ser interligada à rede da concessionária de energia do Estado do Amazonas. Por isso, é necessária a troca do relógio pelo bidirecional, para contabilizar a potência encaminhada à rede pública nos meses de menor consumo.

Para o sistema LED, é possível a produção de 1.643 lâmpadas a partir da reutilização da matéria sólida, capacitor, resistor e ponte retificadora das lâmpadas fluorescente. As lâmpadas LED terão 19W e igual capacidade de iluminação, com conversor CA/CC, já que usarão corrente contínua. Ressalta-se que lâmpadas próximas a janelas deverão ter

circuito elétrico independente, para proporcionar maior eficiência, conforme preconiza o PBE-Edifica (CB3e, 2014). Além disso, é importante a instalação de sensor de presença em locais de uso comum, mas reservado interruptor para controle manual se necessário (CB3e, 2014).

Essa transformação proporcionará uma redução significativa no consumo elétrico e uma economia mensal aproximada de 36% dos gastos com iluminação, que atualmente representam 4,5% das contas de energia. Assim, a iluminação LED contribuirá para zerar o consumo de energia e proporcionar maior eficiência econômica ao CMM.

Apesar de a substituição da implantação dos painéis fotovoltaicos e implementação das lâmpadas LED proporcionarem redução significativa no consumo de energia elétrica, essas ações não serão suficientes para zerar o consumo. Isso somente será possível mediante implementação de unidades condensadoras de alto desempenho, que contêm um sistema que potencializa a voltagem, reduzindo até 50% o consumo da energia para refrigeração (GREE, 2013).

Para o novo sistema de centrais de refrigeração, são necessárias 16 unidades condensadoras e 200 unidades evaporadoras para refrigerar as instalações. Juntas, as centrais de ar terão capacidade total instalada de 6.480.000 Btu/h. Vale salientar que toda a tubulação do sistema será embutida, para garantir isolamento e eficiência do sistema, conforme prevê o PBE-Edifica para aquisição de classe “A” para sistemas de refrigeração (GB3e, 2014).

A implantação das centrais de ar, associadas à iluminação LED, prevê uma redução do consumo médio para menos de 54.000 kWh, que será suprido, na maioria dos meses, pela potência produzida nos painéis fotovoltaicos. Nos meses em que essa potência exceder o consumo, a potência excedente funcionará como “créditos de energia” para os meses em que isso não acontecer. Isso resultará numa média de produção e consumo equivalentes ao longo do ano (Figura 3).

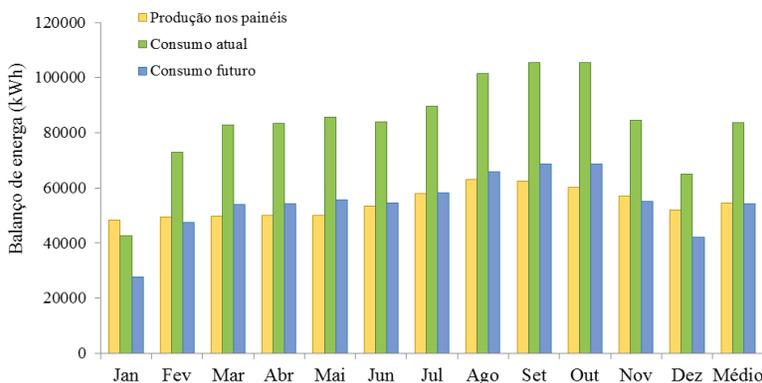


Figura 3. Balanço de energia antes e após instalação do sistema de refrigeração e iluminação LED no Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Por uma economia eficiente e de baixo carbono

A substituição dos 190 condicionadores de ar pelo novo sistema produzirá grande quantidade de resíduos sólidos oriundos dos componentes elétricos, eletrônicos e mecânicos dos aparelhos que serão destinados a associações de catadores com famílias em risco social. O inventário dos componentes indica a estimativa da receita que será gerada a partir da reciclagem dos resíduos (Tabela 5).

Componente	Tipo de resíduo	Valor (R\$)*
<i>Elétricos</i>		
Capacitor	Plástico e alumínio	R\$ 320,00
Fios e cabos	Borracha e cobre	
<i>Eletrônicos</i>		
Placas		
Sensores	Metal	R\$ 110,00
Transformador		
<i>Mecânicos</i>		
Alumínio		
Cobre		
Ferro	Metal	R\$ 430,00
Metais		
Bronze		
Latão		
<i>Outros</i>		
Capa		
Telas	Plástico	R\$ 90,00
Palhetas		
Total unitário		R\$ 950,00
TOTAL		R\$ 180.500,00

Tabela 5. Inventário e estimativa de receita (R\$) dos resíduos sólidos a serem gerados pelos condicionadores de ar do Colégio Militar de Manaus com potencial destinação a associações de catadores da cidade de Manaus, AM, Brasil.

A destinação dos resíduos sólidos não-perigosos que serão gerados a partir da substituição dos aparelhos condicionadores pelas centrais de ar gerarão uma receita bruta superior a R\$ 180 mil reais para as associações de catadores. Para essa destinação social e ambientalmente adequada, associações, em conformidade com requisitos legais, deverão ser selecionadas na cidade de Manaus. Contatos foram estabelecidos com duas associações que reúnem catadoras e catadores de baixa renda que vivem exclusivamente da coleta, triagem e revenda de resíduos sólidos recicláveis, a partir dos quais também produzem artesanatos para geração de renda. Juntas, as associações são constituídas por

catadores de 44 famílias, com uma média de três a cinco pessoas que dependem, direta ou indiretamente, da receita da associação (NOVA RECICLA, 2014; RECICLA MANAUS, 2016). Nesse sentido, a destinação dos resíduos não-perigosos irá contribuir para atenuar as dificuldades vivenciadas por mais de 40 famílias em risco social. A ideia é que a parceria associações-organização seja firmada para destinação contínua de resíduos na medida em que a manutenção futura dos sistemas gerará resíduos, podendo se estender a outras atividades.

CONCLUSÕES

1. O aproveitamento energético da radiação solar por painéis fotovoltaicos, além de produzir potência suficiente para atender o consumo, é capaz de tornar as organizações “usinas” de produção de energia limpa e renovável. Essa potência é capaz de alimentar, em especial, o sistema de refrigeração que possibilita zerar o consumo de energia da rede pública de maneira compatível à eliminação da poluição.
2. Apesar de não se evidenciar que o HCFC-22 degrada o O_3 , observou-se que o gás refrigerante compromete a absorção dos raios UV-C pelas moléculas de O_3 . Portanto, a utilização dos HCFC pode trazer riscos à saúde humana.
3. A destinação ambientalmente adequada dos resíduos não-perigosos a associações de catadores pode contribuir para atenuar as dificuldades de dezenas de famílias em risco socioeconômico, sobretudo na região amazônica, onde a geração alternativa de renda contribui indiretamente para a preservação das florestas.
4. Nesse sentido, o sistema proposto possibilita às organizações desenvolverem suas atividades com base em uma economia eficiente e de baixo carbono, de maneira compatível com a equidade social, conservação ambiental e sustentabilidade na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores do CMM, em especial, à técnica de laboratório, Valéria F. Santos e aos professores da EST/UEA, Dr. Rafael L. Oliveira, Dra. Maria Betânia L. Oliveira e Dr. Rodrigo A. F. Souza, pelo apoio na execução dos experimentos. À Sra. Karla Araújo, da Friogás Engenharia Ltda, ao Sr. Edemilson, da Innova Energia Solar Ltda, e à Comissão Regional de Obras da 12ª RM (CRO/12), cujas contribuições enriqueceram o planejamento do sistema.

REFERÊNCIAS

ABNT. 2004. Norma Brasileira Regulamentadora 10004 de 2004: Resíduos Sólidos – Classificação. Agência Brasileira de Normas Técnicas.

AMABIS, J. M & MARTHO, J. R. 2009. *Biologia das Células*. São Paulo: Moderna, 3.ed. 525pp.

ANEEL. 2008. Resolução normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008. Critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética. Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANEEL. 2013. Resolução normativa nº 556, de 18 de junho de 2013. Aprovação dos procedimentos do Programa de Eficiência Energética. Agência Nacional de Energia Elétrica.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. 2005. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2.ed. São Paulo: Pearson. 313pp.

BRASIL. 1989. Decreto nº 10.202, de 09 de março de 1989. Cria o Sistema Colégio Militar do Brasil.

BRASIL. 2000. Texto da Lei nº 9.991, 24 de julho de 2000. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Palácio do Planalto. Brasília/ DF.

BRASIL. 2010. Texto da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Palácio do Planalto. Brasília/ DF.

BRASIL. 2016. Substâncias destruidoras de ozônio: Consumo de SDOs Ministério do Meio Ambiente – MMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/protacao-da-camada-de-ozonio/substancias-destruidoras-da-camada-de-ozonio/consumo-de-sdos?tmpl=component&print=1>> Acesso em 14 de setembro de 2016.

CB3e. 2014. Manual para Aplicação do RQT-C. Versão 3. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações/ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. ELETROBRAS/ Procel203p.

CMM. 2016. Relatório do Sistema Gerencial de Custos – SISCOFIS: Custos por consumo. Colégio Militar de Manaus. 12pp.

CRESESB. 2016. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CRESESB/ CEPEL Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> Acesso em 26 agosto de 2016.

ELETROBRAS. 2016. Contas de energia elétrica do Colégio Militar de Manaus, 2015-2016. Eletrobras Distribuição Amazonas.

FEARNSIDE, P. M. 2015. Emissões das hidrelétricas tropicais e o IPCC. pp. 239-258. In: P.M. Fearnside (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 2. Manaus: Editora INPA. 297 pp.

GASPAR, A. 2011. *Física 2: Ondas, óptica e termodinâmica*. 2ª ed. São Paulo: Editora Ática. 368pp.

GREE. 2013. Gree Photovoltaic Direct-driven Inverter Multi VRF System. Zhuhai: Gree Electric Appliances. 16pp.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 18 de agosto de 2016.

IBGE. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. *Disponível em* <<http://www.ibge.gov.br/>> *Acesso em* 23 de agosto de 2016.

INEP. 2015. Indicadores Educacionais. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Disponível em* <<http://portal.inep.gov.br/indicadores-educacionais>> *Acesso em* 18 de agosto de 2016.

IPCC. 2014. Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. TEAM, R.K.; MEYER, L.A. (eds). IPCC: Geneva, Switzerland. 151pp.

KEMENES, A. 2006. Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa (CO₂ e CH₄) pela Hidrelétrica de Balbina, Amazônia Central, Brasil. (*Tese de Doutorado*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação em Biologia Aquática e Pesca Interior. Manaus: INPA. 96 pp.

LAB-INSTRU. 2016. Laboratório de Instrumentação Meteorológica. Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas. *Disponível em* <<https://sites.google.com/a/uea.edu.br/labinstru/>> *Acesso em* 12 de agosto de 2016.

NASCIMENTO, E. P. 2012. Trajetória da Sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, v.26, p.51-64.

NOVA RECICLA. 2014. Estatuto Social da Associação Central dos Catadores Nova Recicla – AM – Nova Recicla.

ONU. 2015. The Millennium Development Goals Report 2015. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas. 75pp.

PNUD. 2013. Atlas Brasil - Índice de Desenvolvimento Humano por Municípios. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PNUD. 2015. The Global Goals For The Sustainable Development. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável – 50 anos. *Disponível em* <<http://www.globalgoals.org/pt/>> *Acesso em* 14 de setembro de 2016

RECICLA MANAUS. 2016. Ata da Assembleia Geral Ordinária da Associação Catadores de Materiais Recicláveis: Recicla Manaus – AM, de 04 de abril de 2016. Recicla Manaus.

RIBEIRO, J. L. L.; HOPKINS, M. J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M.; SOUZA M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNCAO. P.A.C.L.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. 1999. Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das plantas vasculares em uma terra firme na Amazônia Central. Manaus: Editora INPA, 816pp.