CEE

COMPANHIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

# RELATÓRIO

## OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

## BIBLIOTECA DO ICMC

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Hidráulica e Saneamento

Gabriel Pavesi de Santana 9380085

Laiane Cristina Toscano Molin 9368873

# SHS416: Sistema de Gestão Ambiental

Prof. Tadeu Fabrício Malheiros

São Carlos – SP

Junho de 2018

SUMÁRIO

Quem somos nós

1. Contexto Geral.....1

1.1. Situação Energética em São Carlos.....1

1.2. História da Biblioteca do ICMC.....2

1.3. Indicadores.....3

2. Diagnóstico Geral.....4

3. Diagnóstico.....6

3.1. Consumo Energético.....6

3.1.1. Aparelhos Elétricos.....6

3.1.2. Iluminação.....10

3.1.3. Soluções Gerais.....13

4. Referências Bibliográficas.....16

## Quem somos nós

A Companhia de Eficiência Energética foi criada após dois amigos de faculdade, Laiane e Gabriel, perceberem que soluções simples e acessíveis podem ser o suficiente para resolver grandes problemas. Antenados nas tecnologias de diversas áreas de engenharia, trabalhamos com consultoria empresarial e, também, residencial. O que nos move é a curiosidade e a vontade de encarar os desafios voltados a tornar mais eficiente o consumo energético. Cada cliente possui uma especificidade única e, por isso, as soluções quase nunca serão as mesmas.

# 1. Contexto Geral

Neste relatório, serão analisadas formas de aprimorar a eficiência energética da Biblioteca do ICMC, localizada no Campus da USP em São Carlos. Para entender quais soluções propomos, é interessante conhecer a situação energética no Campus São Carlos USP, a história deste edifício e os indicadores que serão adotados para este projeto.

## 1.1. Situação Energética Campus São Carlos USP

Segundo o relatório "Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus USP São Carlos[1]", a demanda de energia elétrica no campus I de São Carlos é fornecida pela CPFL, cuja função é ser concessionária do serviço público de geração elétrica, esta, vindo, principalmente, de fontes hidráulicas. Ainda, de acordo com o documento, de 2012 para 2013, houve um aumento de 3,71% do consumo de energia no campus, de 11250 MW/h para, aproximadamente, 11600 MW/h. Entretanto, a meta era uma redução de 5% no consumo.

Além disso, em 1997, foi criado o Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas[2], voltado para a gestão de energia, cujo objetivo, segundo a fonte consultada, é a implantação de medidas e ações de eficiência energética para a redução do consumo de energia elétrica e o aumento da participação das fontes alternativas na matriz energética da Universidade. As ações adotadas visam deste a troca de lâmpadas, reatores e luminárias, a substituição de postes de energia à implantação de energias renováveis, como foi feito no prédio do Instituto de Energia e Ambiente, em São Paulo, com implantação de geradores fotovoltaicos de 6,3kW.

Entretanto, apesar da existência do programa, houve um aumento do consumo energético no campus.

Apesar de se tratar de um macroproblema, a empresa atuará, inicialmente, na Biblioteca do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, visando a resolução de um problema micro.

## 1.2 História da Biblioteca do ICMC

*Figura 1: Projeto inicial do prédio estudado*

O Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, localizada no campus da Universidade de São Paulo, em São Carlos, é uma das mais relevantes instituições brasileiras nas áreas de matemática, computação e estatística. Sua origem ocorre na década de cinquenta, com o Departamento de Matemática da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC). Em 1971, foi desvinculado da EESC e criado um departamento próprio, conhecido como Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos. O termo “Computação” foi incluído oficialmente em 1998, sendo conhecido pelo nome atual.

As instalações e prédios do Instituto são modernos e incluem área verde. Além disso, possui uma biblioteca com aproximadamente 140 mil volumes e 23 mil títulos de periódicos eletrônicos[3].

*Figura 2: Biblioteca do ICMC*

Inaugurada em 1974, homenageando o primeiro Professor Titular do Departamento de Matemática e primeiro Diretor do Instituto, com o "Prof Achille Bassi", teve, inicialmente, 2360 livros que anteriormente haviam pertencido à Escola de Engenharia. É considerada uma das três melhores do Brasil[4].

### 1.3. Indicadores

Os indicadores a serem utilizados estão anexados no final deste relatório, juntamente com a Ficha Metodológica.

## 2. Diagnóstico Geral

A CEE se reuniu com a Coordenadora da Biblioteca, Juliana de Souza Moraes e obteve informações sobre o edifício.

A Biblioteca do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação foi projetada para ser o "prédio inteligente" do campus. O local não teria ar condicionados ou ventiladores pois contaria com ventilação natural cruzada provenientes das varandas e janelas distribuídas ao longo dos andares. Além disso, não teria interruptores pois todas as lâmpadas seriam ligadas e desligadas a partir de sensores de movimento. Todas essas ações foram voltadas para a diminuição do consumo energético do prédio, sustentado a ideia de "prédio inteligente". Entretanto, o planejamento não levou em consideração o público que utilizaria o ambiente e a questão climática da cidade de São Carlos, o que acarretou problemas em relação ao projeto.

A ventilação cruzada não ocorreu de forma efetiva, pois, no inverno, vento frio, não tornou possível abrir as janelas e, no verão, o vento quente, o contribuiu para um mormaço dentro do local. Além disso, pássaros pousavam no interior do prédio e folhas de árvores eram levadas para o mesmo interior, visto que o ambiente exterior é arborizado. Sabendo que o principal objetivo da biblioteca é a conservação de livros, esses acontecimentos poderiam deteriorá-los, além do fato de serem inconvenientes para as pessoas que utilizavam o estabelecimento. Portanto, foi necessário a instalação de ar condicionado no último andar, já que além de todos esses problemas citados as telhas estavam em contato com o próprio teto. Foi necessário, também, substituir toda a parte

elétrica da construção pois a potência dos ares condicionados estavam acima do projetado. Com relação à iluminação, com a movimentação de estudantes, professores e funcionários no edifício, os sensores de iluminação eram acionados várias vezes por dia. A curto prazo, essas lâmpadas queimaram pois não eram eficazes com o constante acionamento e desligamento das mesmas. Por outro lado, quando existiam poucas pessoas na biblioteca, a iluminação era desligada porque os sensores não detectavam movimento, novamente, tornando o ambiente não convidativo para as pessoas. Portanto, foi necessário instalar interruptores em todo o edifício para evitar que as lâmpadas queimassem e para que os alunos e funcionários pudessem estar em um ambiente confortável, como deve ser.

A grande questão é: até que ponto essas mudanças foram eficazes no sentido econômico e no sentido ambiental, levando em conta que toda essa aparelhagem gera resíduos tóxicos? Essa é a grande motivação do trabalho. O estudo da otimização deste edifício deve considerar os aspectos levantados no início do texto: o público que irá utilizar o espaço e o custo−benefício da implementação de algumas ideias.

Como dito anteriormente, cada cliente possui uma especificidade e, portanto, é possível diagnosticar previamente que, as soluções para a redução no consumo da Biblioteca devem ser simples e cotidianas, pois, sua construção envolveu elevada tentativa de inovação e não houve êxito no projeto. Soluções mais comuns, como instalação de sensores de movimento, não podem se aplicar neste caso, como foi levantado.

# 3. Diagnóstico

## 3.1 Consumo Energético

Devido à algumas burocracias, não nos foi informado o gasto energético específico da biblioteca do ICMC, pois não há relógios individuais. Há um número que representa o gasto total do Instituto, que também não nos foi informado, mas não detalha exatamente o gasto de cada bloco. Além disso, os gastos entre prédios variam, portanto, há proporcionalidade, que, neste caso, não será considerada para efeitos de cálculo de gasto energético, isto porque não é possível estimar o gasto da biblioteca do ICMC perante o montante. Diante desses desafios, o gasto energético total do prédio será considerado a partir do consumo dos aparelhos e lâmpadas que estão instalados no local. Apesar de não ser um método totalmente condizente com a realidade, é possível ter noção básica do consumo e de pequenas soluções para atenuá-lo.

### 3.1.1 Aparelhos Elétricos

Os aparelhos e máquinas utilizados no bloco da Biblioteca nos foram fornecidos. São, ao todo, 112 e estão descritos na Tabela 1 abaixo:

| Aparelho | Quantidade (Unidades) | Aparelho | Quantidade (Unidades) |
|---|---|---|---|
| Portão Eletrônico | 1 | Imantadora de Livros | 1 |
| Cortinas de Vento | 3 | Ar-Condicionado | 20 |
| Microcomputador | 34 | Impressora | 6 |
| Telefone | 15 | Bebedouro | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Elevador | 2 | Scanner | 2 |
| Máquina de Escrever | 1 | Leitora de Código de Barras | 5 |
| Ventilador | 5 | TV | 5 |
| Retroprojetor | 2 | Microondas | 1 |
| Forno Elétrico | 1 | Geladeira | 1 |
| Freezer | 1 | Fogão | 1 |
| Cafeteira Elétrica | 1 | – | – |

*Tabela 1: Aparelhos utilizados no prédio estudado*

É necessário salientar que as marcas e especificações técnicas dos aparelhos não foram detalhadas, portanto, será utilizado um modelo com potência padrão para cada item acima[5]. Veja na Tabela 2, abaixo:

| Aparelho | Tensão (V) | Potência (W) |
|---|---|---|
| Portão Eletrônico | 220 | 515 |
| Cortinas de Ar | 220 | 240 |
| Microcomputador | 110/220 | 250 |
| Telefone | 110/220 | 4 |
| Elevador | 110/220 | 9000 |
| Máquina de Escrever | 110 | 50 |
| Ventilador | 110/220 | 200 |
| Retroprojetor | 110/220 | 200 |
| Forno Elétrico | 110 | 1000 |

| | | |
|---|---|---|
| Freezer | 110 | 300 |
| Cafeteira Elétrica | 110 | 1200 |
| Ar−Condicionado | 220 | 3600 |
| Impressora | 110/220 | 90 |
| Bebedouro | 110 | 32 |
| Scanner | 110 | 50 |
| TV | 110 | 200 |
| Microondas | 110 | 620 |
| Geladeira | 110 | 250 |
| Fogão | 110/220 | 90 |

*Tabela 2: Especificações técnicas dos aparelhos utilizados*

A partir dos dados técnicos coletados, foi feita uma estimativa de consumo mensal dos aparelhos, levando em consideração a média de número de horas de uso de cada aparelho, por dia. Veja a tabela, abaixo:

| **Aparelho** | **Potência (W)** | **Quantidade** | **Potência Total (W)** | **Potência Total (kW)** | **Consumo Mensal (kW/h)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Portão Eletrônico | 515 | 1 | 515 | 0,515 | 15,45 |
| Cortinas de Ar | 240 | 3 | 720 | 0,72 | 259,2 |
| Microcomputador | 250 | 34 | 8500 | 8,5 | 3060 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Telefone | 4 | 15 | 60 | 0,06 | 21,6 |
| Elevador | 9000 | 2 | 18000 | 18 | 6480 |
| Máquina de Escrever | 50 | 1 | 50 | 0,05 | 18 |
| Ventilador | 200 | 5 | 1000 | 1 | 360 |
| Retroprojetor | 200 | 2 | 400 | 0,4 | 144 |
| Forno Elétrico | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 30 |
| Freezer | 300 | 1 | 300 | 0,3 | 216 |
| Cafeteira Elétrica | 1200 | 1 | 1200 | 1,2 | 36 |
| Ar−Condicionado | 2100 | 20 | 42000 | 42 | 15120 |
| Impressora | 90 | 6 | 540 | 0,54 | 32,4 |
| Bebedouro | 32 | 3 | 96 | 0,096 | 34,56 |
| Scanner | 50 | 2 | 100 | 0,1 | 6 |
| TV | 200 | 5 | 1000 | 1 | 360 |
| Microondas | 620 | 1 | 620 | 0,62 | 18,6 |
| Geladeira | 250 | 1 | 250 | 0,25 | 180 |
| Fogão | 90 | 1 | 90 | 0,09 | 2,7 |

*Tabela 3: Consumo mensal aproximado por aparelho*

Portanto, o consumo mensal total teórico dos aparelhos da biblioteca do ICMC é de:

| | |
|---|---|
| **Total Mensal ((kW/h)/mês)** | **26.394,51** |

### 3.1.2 Iluminação

Com relação à iluminação, o número de lâmpadas foi definido a partir da contagem das mesmas em uma análise do prédio. Portanto, é necessário ressaltar que apenas as lâmpadas aparentes foram contadas e, por isso, provavelmente há um desfalque com relação ao número real de lâmpadas na Biblioteca, pois não tivemos acesso a todo o edifício.

| Piso | Tipo de Lâmpadas | Quantidade |
|---|---|---|
| Térreo | Tubulares | 22 |
| 1º Andar | Bulbo | 14 |
| | Tubulares | 78 |
| 2º Andar | Bulbo | 14 |
| | Tubulares | 78 |
| 3º Andar | Bulbo | 14 |
| | Tubulares | 78 |

*Tabela 4: Relação da quantidade de lâmpadas no local*

Novamente, como não nos foram fornecidos seus dados técnicos, será estimado o consumo a partir das especificações padrão das lâmpadas. Veja abaixo:

| Tipo de Lâmpada | Tensão (V) | Potência (W) |
|---|---|---|
| Bulbo Fluorescente | 110/220 | 40 |
| Tubular Fluorescente | 110/200 | 54 |

*Tabela 5: Dados técnicos de iluminação*

A partir dos dados técnicos coletados, foi feita uma estimativa de consumo mensal da iluminação. Veja a tabela, abaixo:

| Tipo de Lâmpada | Quantidade | Potência (W) | Potência Total (W) | Consumo (kW/h) | Consumo Mensal |
|---|---|---|---|---|---|
| Bulbo Fluorescente | 42 | 40 | 1.680 | 1,68 | 1.209,6 |
| Tubular Fluorescente | 256 | 54 | 13.824 | 13,824 | 9.953,3 |
| **Total** | | | | **11.162,9** | |

*Tabela 6: Consumo mensal da iluminação*

Portanto, o consumo mensal total estimado para a biblioteca do ICMC é a soma dos consumos mensais do item anterior deste relatório com o consumo da iluminação. O resultado é dado abaixo:

| | |
|---|---|
| **Total Mensal** | **37.557,41** |

Uma alternativa ao uso das lâmpadas fluorescentes, é a substituição para as lâmpadas de LED, que, como se sabe, consome menos energia para iluminar a mesma quantidade do que uma lâmpada comum. Abaixo, tem−se as especificações de lâmpadas LED:

| Tipo de Lâmpada | Tensão (V) | Potência (W) |
|---|---|---|
| Bulbo LED | 110/220 | 9 |
| Tubular LED | 110/200 | 18 |

*Tabela 7: Dados técnicos das lâmpadas de LED*

Portanto, o gasto mensal na iluminação é de 3.589,92 kW/h por mês, muito abaixo do consumo das lâmpadas fluorescentes, 11.162,9 kW/h por mês. Essa diferença corresponde à uma redução de, aproximadamente, 68% no consumo da iluminação.

| Tipo de Lâmpada | Quantidade | Potência (W) | Potência Total (W) | Consumo (kW/h) | Consumo Mensal |
|---|---|---|---|---|---|
| Bulbo LED | 42 | 9 | 378 | 0,378 | 272,16 |
| Tubular LED | 256 | 18 | 4608 | 4,608 | 3.317,76 |
| **Total Mensal** | | | | **3.589,92** | |

*Tabela 8: Consumo mensal iluminação com LED*

Somando o consumo das lâmpadas com o gasto total dos outros aparelhos, tem−se:

| | |
|---|---|
| **Total Mensal** | **29.984,43** |

Comparando o total consumido por lâmpadas de LED, 3589,92 (kW/h)/mês, com o consumo das lâmpadas comuns, 11162,9 (kW/h)/mês, percebe−se que apenas trocando uma iluminação por outra, é possível reduzir o consumo total, tanto das lâmpadas, quanto dos aparelhos em, aproximadamente, 20,2%.

### 3.1.3 Soluções Gerais

A consultoria para a Biblioteca é bastante desafiadora pois, majoritamente, as soluções são clichês e conhecidas. Não é possível instalar sensores de movimento ou desligar os aparelhos pois há constante uso dos mesmos, principalmente eletroeletrônicos. Portanto, sugerimos algumas soluções possíveis:

A primeira delas é a troca das lâmpadas fluorescentes pelas lâmpadas de LED. Segundo os cálculos realizados anteriormente, é possível diminuir o consumo em 20,2%.

Com relação ao consumo geral, considerando que o prédio é movimentado, principalmente por estudantes cujo objetivo é estudar ou fazer algum trabalho, não é viável desligar grande parte dos aparelhos eletroeletrônicos, principalmente computadores, para a economia de energia, pois ocorre um uso contínuo dos mesmos. Neste caso, o ideal é a sinalização que, após o uso, deve−se desligar a tela do computador, também conhecido como deixar em stand−by, visto que um dos maiores consumos provém da mesma[6]. Apesar deste modo ainda assim consumir energia, este gasto é menor em comparação com aparelhos ligados.

Com relação aos ventiladores e ares−condicionados, é interessante usar os ventiladores nos períodos menos quentes do ano, pois, seu consumo mensal, apesar de ser alto, 360 kW/h por mês, é menor do que o consumo do ar−condicionado, 15.120 kW/h por mês.

Por último, em uma visita ao prédio, foi observado que, no geral, a Biblioteca é um pouco escura e abafada. Analisou−se que parte das portas das sacadas são escuras e, que a abertura das mesmas não é tão grande, tornando o ambiente escuro e quente. Portanto, nossa sugestão seria a troca das tradicionais portas pelo envidraçamento da sacada, como na figura abaixo.

Optar por utilizar a luz solar para reduzir o consumo das lâmpadas e poder regular o número de aberturas da sacada, podem ser saídas para contornar o problema da necessidade de iluminação artificial e utilização de ventiladores. Para aumentar a eficiência do envidraçamento, pode−se aplicar uma película para proteção UV, que atua na redução do calor no ambiente e, em no inverno, atenua o frio excessivo, além de auxiliar para que aves não se choquem com o vidro da sacada[7].

*Figura 1: Envidraçamento de sacadas*

*Figura 2: Antes e depois com a aplicação da película de proteção UV*

Como foi falado no início do projeto, acreditamos em soluções simples para a redução no consumo do prédio consultado, portanto, ações diretas,

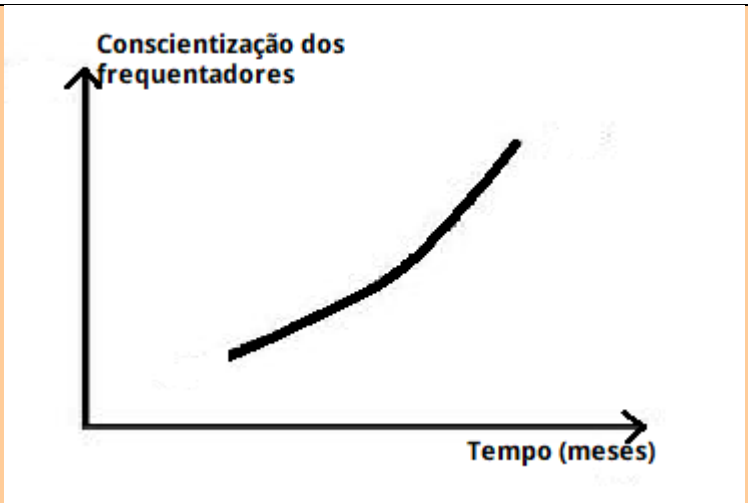
como a troca de aparelhos, ou indiretas, como os avisos aos usuários de computadores, possam ser eficientes.

## 4. Referências Bibliográficas


1. Maia, A. T. A., Oliveira, C. S., Savietto, J. P., Brandizzi, B. V., Cocenza, G. A. S., Thibault, F. **Proposta de Melhoria da Eficiência Energética no campus USP São Carlos.** Projeto da Disciplina Sustentabilidade e Gestão Ambiental. 2014. 98 f. Trabalho − Universidade de São Paulo, São Carlos.
2. Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas. 2005. Disponível em: <https://social.stoa.usp.br>. Acesso em: 23 jun 2018
3. Quem Somos. Disponível em: <http://www.icmc.usp.br>. Acesso em: 23 jun 2018.
4. Biblioteca. Estrutura Administrativa. Disponível em: <http://www.icmc.usp.br>. Acesso em: 23 jun 2018.
5. Potência Média dos Aparelhos Residenciais e Comerciais. Disponível em: < https://www.cemig.com.br>. Acesso em: 23 jun 2018
6. Joulemeter, Aplicativo medidor de consumo de energia de cada componente do computador, Microsoft Research. Disponível em: < https://joulemeter.br.uptodown.com/windows>. Acesso: em 23 jun 208
7. Película de Vidro Residencial, 3M. Disponível em: <https://www.3m.com.br>. Acesso em: 23 jun 2018

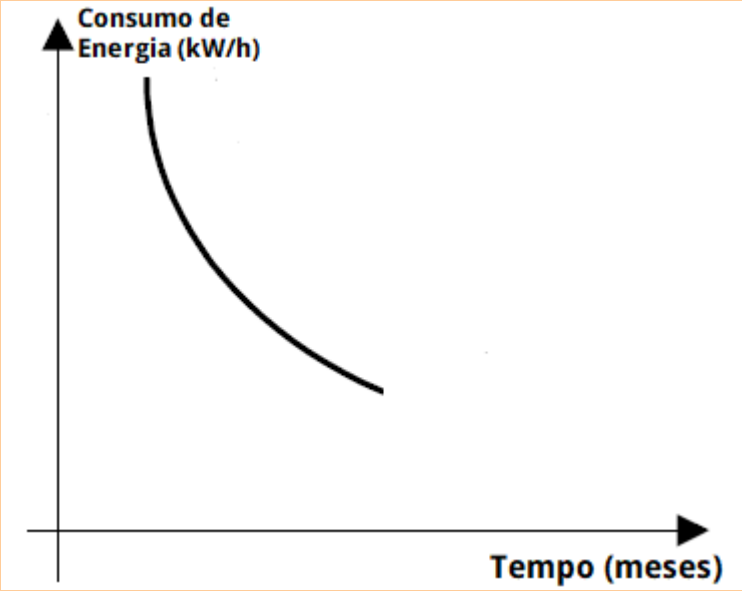
# FICHA DE INDICADORES

| | |
|---|---|
| **Nome do indicador** | Conscientização dos frequentadores da Biblioteca |
| **Descrição curta do indicador** | Conscientização dos frequentadores da biblioteca para que desliguem, ao coloquem em stand by, os aparelhos após usá-los |
| **Relevância ou pertinência do indicador** | Muito pertinente |
| **Alcance (o que mede o indicador)** | Mede se a forma escolhida para conscientizar os frequentadores é eficiente ou não |
| **Limitações (o que não mede indicador)** | Não mede o quanto de energia foi poupada |
| **Fórmula do Indicador** | - |
| **Definição das variáveis que compõem o indicador** | - |
| **Cobertura ou Escala do indicador** | Prédio da Biblioteca do ICMC no campus São Carlos, da USP |
| **Fonte dos dados** | Acompanhamento do comportamento dos frequentadores |
| **Disponibilidade dos dados (qualitativo)** | Plenamente disponível em formato físico |
| **Periodicidade dos Dados** | Semanal |
| **Período temporal atualmente disponível** | 2010-2014 |
| **Requisitos de coordenação interinstitucionais para que fluam os dados** | Boa comunicação com os funcinários da Biblioteca, que poderão observar se as medidas tomadas foram eficazes, com o CEE |

| | |
|---|---|
| **Relação do indicador com Objetivos da Política, Norma ou Metas Ambientais ou de DS** | Política de sustentabilidade |
| **Relevância para a Tomada de Decisões** | Sustentabilidade no consumo de eletricidade |
| **Gráfico ou representação, com frase de tendência.** |  <br>Conscientização dos frequentadores ao longo dos meses |
| **Tendência e Desafios** | O maior desafio é pensar em medidas a serem adotadas para conscientizarem as pessoas que frequentam o local. |
| **Periodicidade de atualização do indicador** | Quinzenal |

# FICHA DE INDICADORES

| | |
|---|---|
| **Nome do indicador** | Consumo da energia elétrica |
| **Descrição curta do indicador** | Gasto energético no prédio da Biblioteca do ICMC |
| **Relevância ou pertinência do indicador** | Muito importante para o projeto criado, pois visa a redução do indicador, a fim de aprimorar a sustentabilidade do prédio estudado |
| **Alcance (o que mede o indicador)** | Mede o gasto energético do prédio em um período de tempo. |
| **Limitações (o que não mede indicador)** | Não mede o aparelho ou componente responsável pelo maior gasto energético, pois esse indicador é o gasto total do edificio, além de não medir o quanto os frequentadores do local ajudam ou não na diniminuição do consumo. |
| **Fórmula do Indicador** | Serão utilizados os valores mensais de consumo antes da aplicação das soluções e depois. A unidade será em: kW/h por mês |
| **Definição das variáveis que compõem o indicador** | W – Potência de consumo<br>h – hora |
| **Cobertura ou Escala do indicador** | Abrange apenas o prédio da Biblioteca do ICMC, no campus USP São Carlos. |
| **Fonte dos dados** | Consumo de Energia Elétrica na Prefeitura do Campus |
| **Disponibilidade dos dados (qualitativo)** | Informação reservada |
| **Periodicidade dos Dados** | A periodicidade será mensal |
| **Período temporal atualmente disponível** | 2010-2014 |
| | Comunicação entre a Prefeitura do Campus e a CEE |

| | |
|---|---|
| **Requisitos de coordenação interinstitucionais para que fluam os dados** | |
| **Relação do indicador com Objetivos da Política, Norma ou Metas Ambientais ou de DS** | A meta é a redução do consumo energético |
| **Relevância para a Tomada de Decisões** | O indicador promove a discussão sobre a sustentabilidade energética |
| **Gráfico ou representação, com frase de tendência.** |  |
| **Tendência e Desafios** | O objetivo é a diminuição do consumo energético no prédio, entretanto, para que ocorra, é necessário que haja cooperação de quem frequenta o local, para desligar as telas de computadores, e o investimento nas soluções encontradas, como a aplicação da película UV nos vidros da sacada do prédio. |
| **Periodicidade de atualização do indicador** | Mensal |