



APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS NUMA ESCOLA EM TAQUARAS, RANCHO QUEIMADO

Luciano Dutra, PhD (*)

Suely Ferraz de Andrade, MSc (*)

Norma Beatriz Camisão Schwinden, BS (*)

José Baltazar Salgueirinho Osório De Andrade Guerra, PhD (*)

RESUMO

Este artigo apresenta a aplicação prática de estratégias de eficiência energética e o uso de fontes renováveis de geração de energia no contexto do Projeto REGSA (Promoting Renewable Electricity Generation in South America). O local de intervenção é a escola pública elementar Roberto Schütz, no município de Rancho Queimado, em Santa Catarina. A pesquisa feita preliminarmente englobou a análise bioclimática do local e a análise da iluminação de quatro salas de aula e da biblioteca da escola. Estas análises apontaram dois principais problemas: a carência de adequada iluminação nestes ambientes e o desconforto térmico no inverno pela falta de água aquecida nos sanitários da escola. As intervenções feitas incluíram nova pintura das paredes e tetos dos ambientes analisados, instalação de um novo sistema de iluminação artificial mais eficiente e a geração de energia elétrica de forma renovável através de painéis fotovoltaicos. Um sistema de aquecimento solar de água feito de garrafas PET foi também proposto, mas sua instalação ainda não está concluída. As quatro salas de aula e a biblioteca estão sendo beneficiadas com estas técnicas, trazendo maior conforto ambiental para os estudantes e professores da escola.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Arquitetura Bioclimática; Energia Renovável.

E-mail: luciano.dutra@unisul.br; e-mail: suely.andrade@unisul.br; e-mail: normabcs1@gmail.com; e-mail: baltazar.guerra@unisul.br; (*) Professores da Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

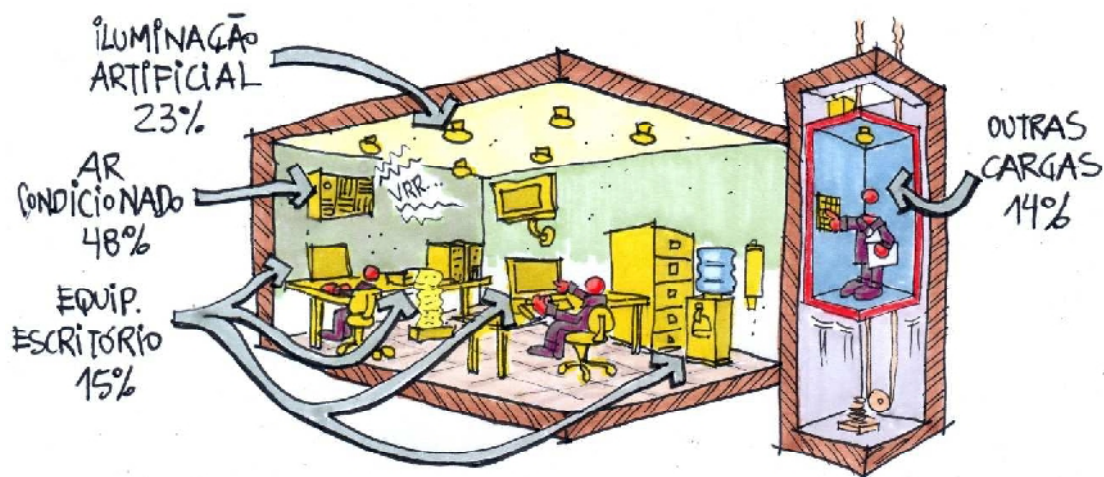
R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 01 – 02. abr.2014/set.2014.

3

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as escolas públicas têm sérios problemas de conforto ambiental e isso se traduz em baixa produtividade, pouco aprendizado, falta de motivação, desperdício de energia e, conseqüentemente, de dinheiro público. Deve-se ressaltar que o crescimento no consumo energético no Brasil tem sido constante nos últimos anos, segundo o Balanço Energético Nacional de 2012 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA 2012). Com isso, é necessário solucionar os problemas de conforto ambiental com o mínimo de gastos e tentar garantir às edificações escolares certa autonomia e maior eficiência no uso de energia, qualidades que têm relação direta com sua arquitetura. O consumo de energia de um prédio público, segundo ELETROBRÁS (2007) está vinculado aos padrões tecnológicos e de eficiência energética dos diversos sistemas e equipamentos instalados, as suas características arquitetônicas, ao clima local, à atividade a que se destina, ao comportamento e ao grau de consciência dos usuários para o uso adequado e racional da energia. A Figura 1 mostra o perfil do consumo elétrico em edifícios públicos. Pode-se observar que a iluminação e o ar condicionado são as duas instalações que mais sobrecarregam o consumo de energia elétrica somando mais de 70% do total (ELETROBRÁS 2007 apud LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA 2013).

Figura 1: Perfil de Consumo de Energia Elétrica de prédios públicos



Fonte: ELETROBRÁS 2007 apud LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA 2013.

É dentro desta perspectiva, e considerando a problemática exposta, que esta pesquisa foca no *retrofit* de uma escola pública em Taquaras, no município de Rancho Queimado, em Santa Catarina. A escola foi visitada e foram realizadas medições de iluminação, onde se constatou o problema de insuficiência na iluminância em diversos pontos dos ambientes. Isto conduziu à instalação de um novo sistema de iluminação artificial, à pintura das superfícies internas de

quatro salas de aula e da biblioteca e também à instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos interligados à rede elétrica da concessionária.

2 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo geral a aplicação prática de estratégias sustentáveis em uma escola pública na localidade de Taquaras no município de Rancho Queimado, incluindo o estudo e melhorias na eficiência energética nas salas de aula e na biblioteca da escola e a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica para a iluminação artificial destes ambientes. Além disso, este trabalho visa atender aos quesitos de conforto visual dos alunos desta escola, a eficiência energética e também a introdução na educação infantil dos conceitos de sustentabilidade.

3 METODOLOGIA

A escola apresentada neste trabalho foi selecionada porque é uma escola pública fundamental localizada numa comunidade rural distante dos centros urbanos. A metodologia utilizada para análise compreendeu os seguintes itens:

- A escola foi visitada em dias distintos com céu encoberto e foram realizadas medições de níveis de iluminação por meio de luxímetros modelo LD-200 da Instrutherm (Figura 2).

Figura 2: Luxímetro digital LD-200 da Instrutherm



- Foi feita uma análise bioclimática da localidade com objetivo de identificar as principais estratégias de projeto recomendadas e se as mesmas estavam presentes no edifício existente.
 - Foram levantadas diretrizes a serem propostas para a melhoria do conforto térmico e visual na escola.
 - Iniciou-se um estudo de eficiência energética das salas de aula e da biblioteca da escola para identificação das principais variáveis arquitetônicas a serem melhoradas e de sua
- R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 03 – 25. abr.2014/set.2014.

viabilidade.

- Os resultados das medições de iluminação foram modelados no programa SURFER (2002).
- Estes valores foram comparados com os recomendados na norma NBR 5413 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992) e algumas estratégias de eficiência energética foram formuladas a partir disso.
- Foram revisadas e reformuladas todas as instalações de iluminação artificial das salas de aula e da biblioteca da escola, bem como as cores internas das paredes e tetos foram alteradas visando melhor iluminação, distribuição de luz e menor gasto energético.
- Foi estudado o consumo energético destes ambientes para dimensionamento e implantação de um sistema de placas fotovoltaicas interligado à rede pública de energia.

3.1 LOCAL DE INTERVENÇÃO E ANÁLISES PRELIMINARES

A prefeitura de Rancho Queimado está ciente sobre os conceitos de sustentabilidade e foi receptiva a esta pesquisa, que tem propósitos educacionais e de conscientização, a serem implementados na Escola de Educação Básica Roberto Schütz, em Taquaras, no município de Rancho Queimado (Figura 3).

Figura 3: Região da Localidade de Rancho Queimado



Fonte: RANCHO QUEIMADO 2012

O local foi escolhido pelas seguintes razões: é relativamente próximo do Campus da UNISUL (em torno de 60 km de distância); a Escola de Educação Básica Roberto Schütz é uma escola pública fundamental que atende as crianças desta comunidade.

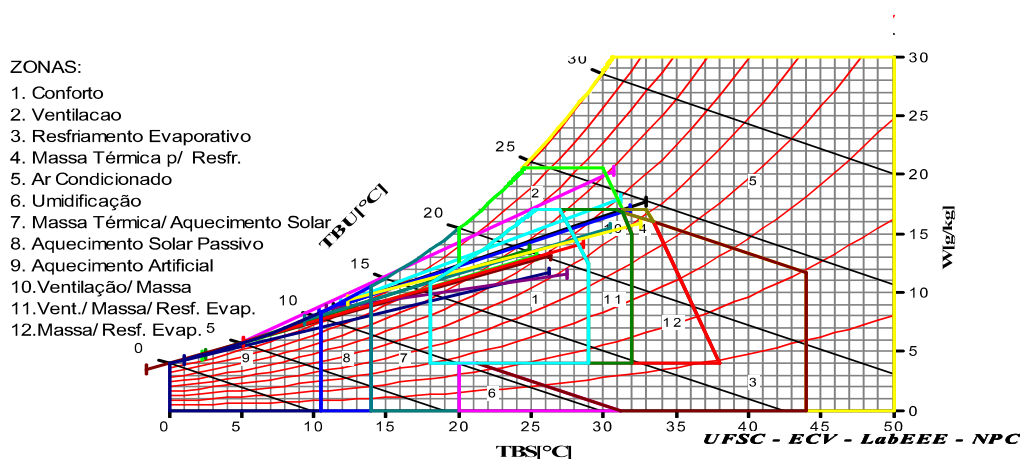
A análise se iniciou com o levantamento do clima e das condições climáticas e físicas relativas à Escola, bem como com o levantamento das características arquitetônicas e de sua compatibilidade ao clima da região.

3.1.1 Arquitetura Bioclimática para o Clima da Região de Rancho Queimado e Taquaras

O clima de Rancho Queimado, apesar da localidade ser próxima a Florianópolis, apresenta características bem peculiares, sendo bem mais frio. Sua classificação é a mesma de Florianópolis, é classificado, segundo Köppen (1948), como mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas durante todo o ano e segundo NIMER (1979) é definido como clima do tipo Tropical Temperado subsequente, super úmido, com presença de verão quente e inverno ameno, sub-seco. Sua diferenciação ocorre pelo aumento da altitude do local em relação ao nível do mar, sendo 750m de altitude em Taquaras e 800m em Rancho Queimado. Existem outras características semelhantes que é a presença de alta umidade relativa durante quase todo o ano, e a presença de duas estações bem definidas.

Pode-se determinar a arquitetura bioclimática mais adequada para cada região ao se plotar seus dados climáticos em uma carta psicrométrica com a delimitação da estratégias bioclimáticas, chamadas zonas bioclimáticas adotadas para o Brasil. No caso de Rancho Queimado, como não há levantamento das normais desta região, utilizou-se as normais climáticas de Angelina, pois esta localiza-se a uma distância de 30 km e apresenta quase a mesma altitude, tendo características climáticas bastante semelhantes às da região de Rancho Queimado. Estes dados foram utilizados no programa computacional Análisis BIO (LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES 2013a) e obteve-se as porcentagens das estratégias bioclimáticas mais indicadas para esta localidade (Figura 4).

Figura 4: Dados das normais climatológicas de Angelina plotados na carta psicrométrica do programa computacional Análisis-Bio.



Fonte: Programa computacional Analisis-Bio (LABEEE 2013a)

As estratégias indicadas para Angelina estão apresentadas conforme Tabela 1. Pode-se observar que a porcentagem anual de conforto é 38% dos períodos. A zona de aquecimento solar passivo/ massa térmica (inércia térmica) para aquecimento apresenta uma porcentagem de 23% durante o período analisado (variando de 15 a 31%), já a zona de aquecimento solar passivo, tem uma porcentagem anual de 14%, assim observa-se que em todos os meses do ano são indicadas estratégias de aquecimento. Somam-se as estratégias passivas de aquecimento anual, 37%, e ainda o percentual de aquecimento artificial que é de 12,7% (necessário em todas as estações do ano menos no verão), totalizando uma necessidade de aquecimento de 50% dos períodos do ano.

Tabela 1: Porcentagens das Estratégias Bioclimáticas indicadas para Angelina

MONTH	COMFORT	Thermal mass for cooling	Ventilation/Mass	Mass/ Evaporative Cooling	VENTILATION	Passive Solar Heating/ Thermal Mass	Passive solar Heating	Ventilation/ Mass/ Evaporative Cooling	ARTIFICIAL HEATING	AIR-CONDITIONING
Jan.	30.74	0.00	0.00	0.00	8.93	31.09	10.89	9.76	0.00	1.10
Feb.	34.71	0.06	0.88	0.00	0.77	27.78	12.50	15.82	0.00	7.47
Mar.	37.31	1.69	0.20	0.00	0.00	26.83	16.36	16.63	0.47	0.52
Apr.	0.00	0.00	39.88	0.00	0.00	17.50	0.00	0.00	1.13	2.08
May	30.18	0.00	0.00	0.00	0.00	18.48	15.62	0.00	20.53	0.00
June	32.03	0.00	0.00	0.00	0.00	17.32	15.15	0.00	35.50	0.00
July	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.29	12.50	0.00	18.25	0.00
Aug.	32.80	0.00	0.00	0.00	0.00	15.81	13.83	0.00	37.55	0.00
Sept.	57.23	0.00	0.00	0.00	0.00	24.10	18.68	0.00	0.00	0.00
Oct.	43.97	0.00	1.32	0.00	0.00	17.10	14.95	0.00	22.65	0.00
Nov.	47.33	0.00	0.00	0.00	0.00	19.44	16.59	11.42	5.22	0.00
Dec.	45.33	0.00	0.00	4.03	0.00	24.33	8.38	17.93	0.00	0.00
% for the entire year	37.88	0.16	3.80	0.36	0.87	22.83	13.97	6.43	12.70	1.00

Fonte: Programa Analysis-BIO (LABEEE 2013a)

As estratégias de resfriamento só aparecem nos meses do verão, totalizando no ano todo 10,9% dos períodos. As zonas de massa para resfriamento (inércia térmica para resfriamento)/ventilação/ resfriamento evaporativo apresentam porcentagens em torno de 6,5% e as zonas de ventilação/massa para resfriamento (inércia térmica para resfriamento) de 3,8%. As estratégias de resfriamento em outras estações no ano analisado não são representativas. Pode-se concluir que a necessidade de ar condicionado é quase inexpressiva com 1% do período analisado.

A arquitetura bioclimática da escola deve priorizar uma boa insolação nas paredes e janelas, durante todo o ano, além disso, deve apresentar paredes com certo nível de massa, mas que recebam radiação solar. O resfriamento necessário deve ser prioritariamente passivo com uma boa ventilação natural e massa para resfriamento (inércia térmica para resfriamento). Deve-se a seguir analisar quais as estratégias que foram priorizadas, ou não no projeto da escola.

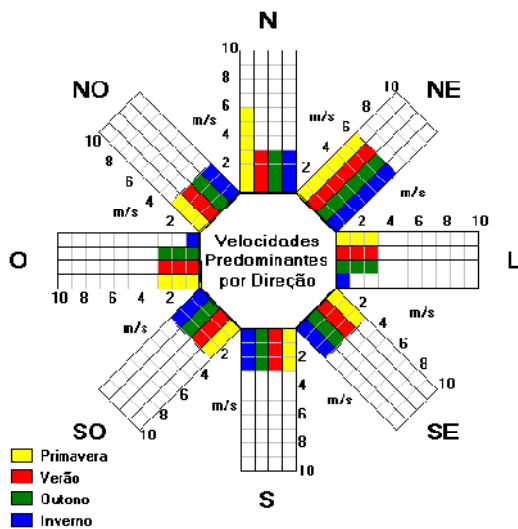
3.1.2 Análise das Estratégias Bioclimáticas e Arquitetura da Escola Roberto Schütz

As localidades de Rancho Queimado e Angelina são classificadas segundo a NBR-15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2005a), dados obtidos tratados no Programa ZBBR (RORIZ 2004), como pertencentes à zona bioclimática 3. Taquaras, pela proximidade, também se encontra nesta zona, a qual recomenda várias características que serão comentadas.

As estratégias bioclimáticas indicadas para esta zona (condicionamento térmico passivo) são ventilação cruzada e aquecimento solar passivo. Segundo a norma “A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação”. Isto significa que o ambiente deve apresentar janelas oposta, para que o vento que entre possa sair.

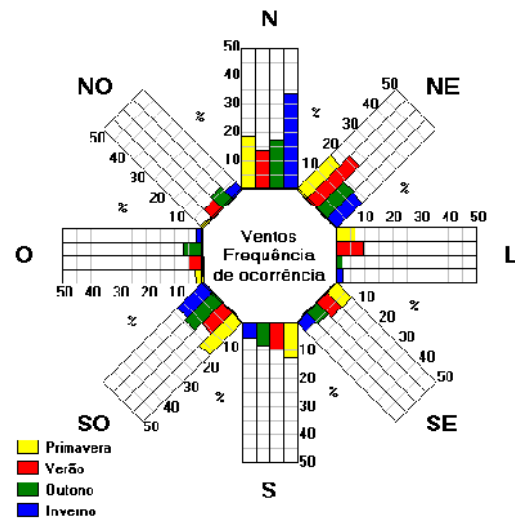
A direção dos ventos predominantes na região é um fator fundamental na eficácia da estratégia da ventilação, o próprio entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos. O vento predominante da região de Florianópolis (Figura 5 e Figura 6) é Norte e Nordeste e eles apresentam maior frequência de ocorrência durante todo o ano, e com suas maiores velocidades na direção nordeste. Entretanto, o vento sudoeste e sul são importantes pela sua ocorrência na estação fria e pelas suas baixas temperaturas que sempre acompanham as frentes frias.

Figura 5: Rosa-dos-Ventos com as velocidades predominantes por direção



Fonte: Análisis SOL-AR (LABEEE, 2013b)

Figura 6: Rosa-dos-Ventos com a frequência de ocorrência



Fonte: Análisis SOL-AR (LABEEE, 2013b)

A NBR 15220-3 recomenda que “A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos

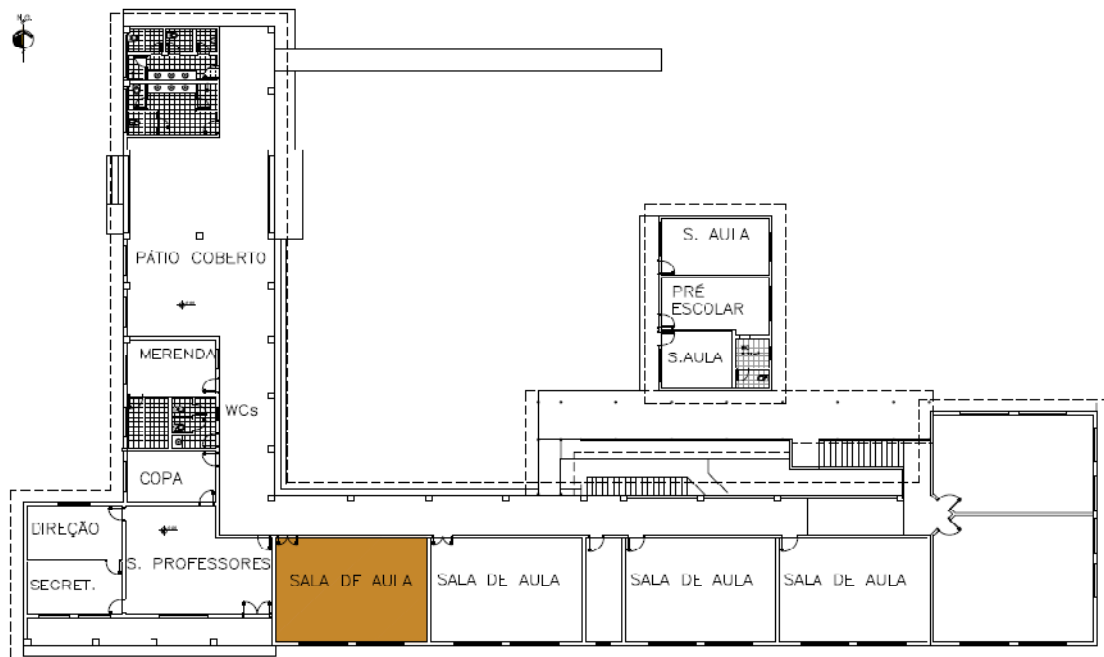
componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.”.

Pela Figura 7, pode-se observar que as salas de aula da escola apresentam as esquadrias na fachada sul, logo, para permitir a ventilação cruzada, a porta deveria ser mantida aberta, pois não existem janelas nas salas de aula na fachada norte, embora isso possa ocasionar problemas acústicos devido a ruídos que poderiam vir das outras salas de aula. Isso ocasiona um frio excessivo durante os períodos de baixas temperaturas. Além disso, a estratégia de aquecimento solar passivo também é prejudicada, uma vez que a fachada norte é sombreada pela circulação e as janelas não recebem radiação solar.

O Decreto nº 30.436 de 1986 (PREFEITURA MUNICIPAL DE INDAIAL 2014) se refere à recomendação de que a orientação das salas de aulas, de leitura, bibliotecas e similares “*não tenham suas aberturas externas voltadas para o sul, nem situadas na face da edificação que faça ângulo menor que 45° com a direção leste-oeste*”, ou seja, a melhor orientação das janelas deve ser na direção norte, nordeste e noroeste. Evita-se por motivos de ofuscamento a direção das salas no sentido leste e oeste e pelo problema térmico na estação fria a orientação para o sul. Salientando que quando a direção for nordeste ou noroeste, recomenda a utilização de elementos de quebra-sóis quando os beirais forem menores que 1,00m de projeção.

Confrontando o projeto da escola em análise com as normas pode-se observar que as salas de aula deveriam apresentar as aberturas orientadas para o norte e não para o sul, e o ideal seria que o corredor ficasse voltado para o sul, e se possível fechado. A implantação da escola deveria ter sido espelhada no terreno.

Figura 7: Planta da Escola de Educação Básica Roberto Schütz com a sala analisada.



Salienta-se a importância do correto lançamento de um projeto, pois existem alterações que se tornam inviáveis após a implantação do edifício. A escola, segundo depoimento de funcionários, é muito fria dentro dos ambientes analisados. A temperatura da água nas torneiras também é muito baixa no inverno, somente a torneira da cozinha tem aquecimento elétrico.

As propostas deste estudo serão a elaboração e execução de um “retrofit” que será focalizado nos ambientes das salas de aula e biblioteca, locais que são mais específicos do uso da edificação e mais importantes da escola.

3.1.3 Requisitos de Iluminação nas Salas de Aula preconizados pelas Normas

São vários os requisitos para um adequado projeto de sala de aula, sendo que o nível de iluminação é um dos mais importantes.

O decreto nº 30.436 (ibid) determina que a iluminação das salas de aula deva ser natural predominando a unilateral esquerda da sala, não dispensando a iluminação artificial em condições climáticas desfavoráveis, até pelo funcionamento das salas de aula no período noturno. No caso da necessidade de utilização de iluminação zenital, esta deverá ser em torno 23% da área de piso e ser utilizada evitando problemas de ofuscamento com a utilização de elementos defletores ou filtrantes se necessário. Já as áreas de janela devem atender um mínimo de 30% da área do ambiente.

A norma NBR 5413 (Id.) preconiza os níveis de iluminação de ambientes internos e prevê três valores para iluminâncias a serem considerados em vários ambientes relativos aos estabelecimentos de ensino. Os valores são tabelados e no caso da maioria das salas de aula devem ser atendidos os valores centrais de iluminância, salientados na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis de Iluminação (lux) em Escolas

Ambientes	Baixo	Médio	Alto
salas de aulas	200	<u>300</u>	500
sala de desenho	300	<u>500</u>	750

Fonte: NBR 5413 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992)

Segundo a Norma, utiliza-se o valor mais alto quando o ambiente no qual está se executando a tarefa apresenta-se com grandes refletâncias ou contrastes muito baixos, onde pode ocorrer risco de erros de difícil correção no trabalho visual crítico, ou quando o trabalho requer alta produtividade e precisão ou ainda, quando a capacidade visual do observador está abaixo da média, como em ambientes destinados a idosos, por exemplo.

Já o valor mais baixo utiliza-se quando a refletância ou contraste é relativamente alto, quando a velocidade e/ou precisão não são importantes e quando a tarefa é executada ocasionalmente. Nota: Como exemplo de precisão, pode-se mencionar a leitura simples de um jornal versus a leitura de uma receita médica, sendo a primeira sem importância e a segunda crítica.

A NR17 (MINISTÉRIO DO TRABALHO 2013) preconiza que todos os locais de trabalho devem apresentar iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade. Estes podem ser considerados requisitos estendidos às atividades intelectuais, como numa sala de aula. Esta norma também recomenda que a iluminação geral deva ser uniformemente distribuída e difusa. E tanto a iluminação geral, quanto a suplementar devem ser projetadas e instaladas de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

3.1.4 Levantamento dos Níveis de Iluminação nas Salas de Aula da Escola Roberto Schütz

A sala disponível para as medições estava desocupada e é idêntica as outras da mesma ala. Apresentava paredes na cor verde clara e o teto numa cor areia com tom mais escuro do que o tom das paredes (Figura 8) a recomendação é que o piso tenha uma refletância entre 20% e 40%, que as paredes tenham refletâncias entre 50% e 70% e que o teto tenha refletâncias entre 70% e 90% (LECHNER 2001). Portanto, o teto deve ser o mais claro possível, preferencialmente na cor branca.

As medições dos níveis de iluminação da sala foram realizadas no dia 9 de novembro de 2012 (próximo ao solstício de verão) num dia de céu encoberto às 15h40min. O número de pontos de medição na sala conforme calculado pela NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 03 – 25. abr.2014/set.2014.

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2005b) resultou em um mínimo de 16 pontos. A altura da sala é 3,20m e o valor de Hm (2,00m) foi obtido com a distância do plano de trabalho até o topo da janela (

Figura 9).

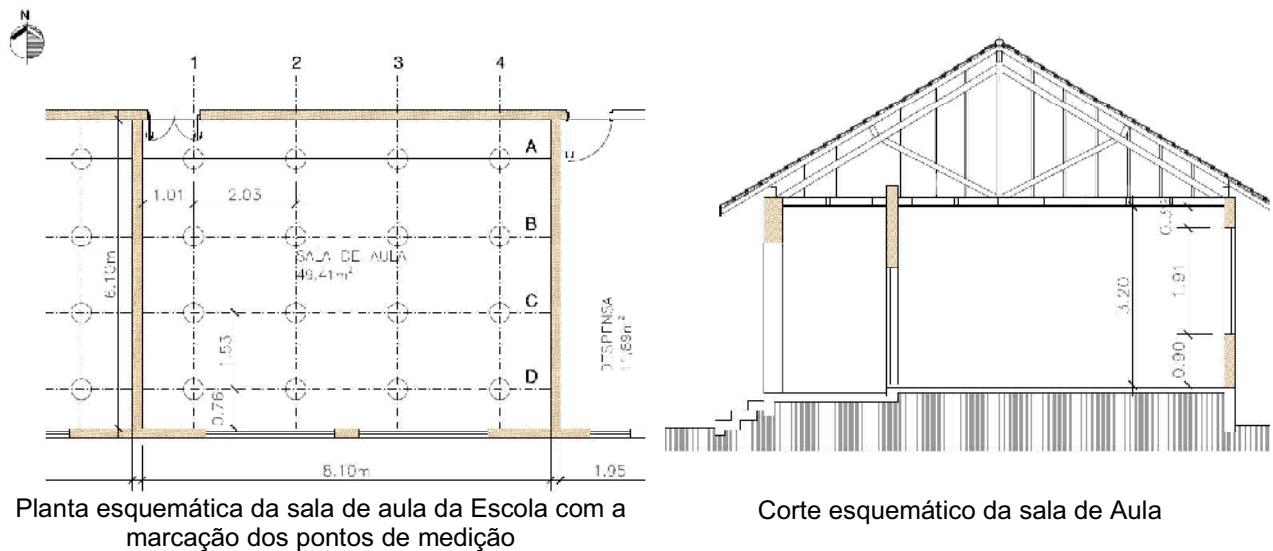
Figura 8: Vista geral da sala de aula da Escola



Vista da porta de entrada

Vista do fundo da sala, junto a janela

Figura 9: Projeto esquemático da sala analisada da Escola

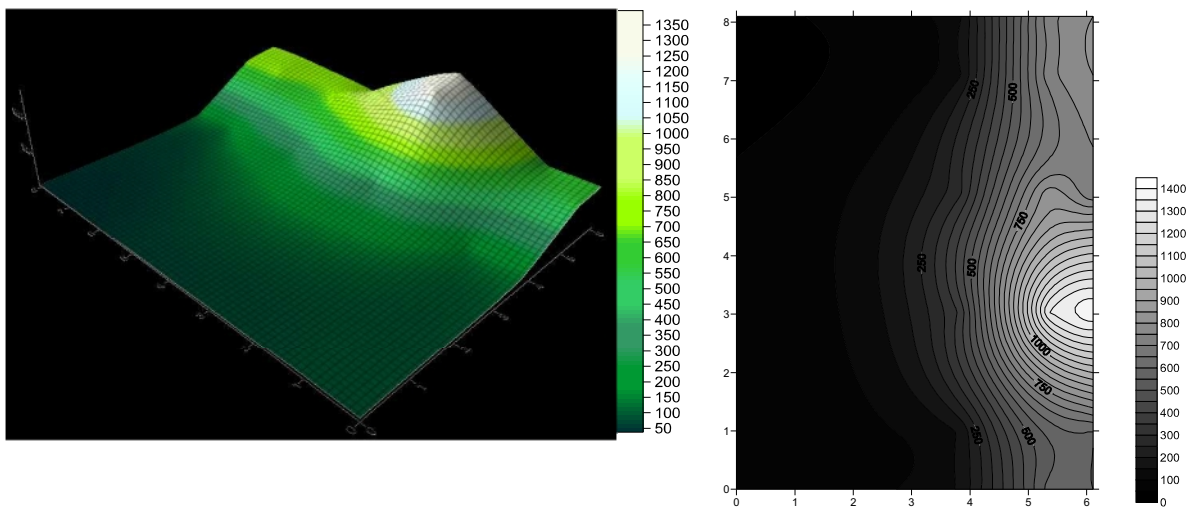


Foram realizadas as medições só com iluminação natural a partir das 15h até as 15h30min. O céu apresentava-se parcialmente encoberto com o nível de iluminância externo medido neste horário de 37.500 lux.

As medições só com luz natural (Figura 10) apresentaram valores mais contrastantes, variando de 1300lux até 45lux, entre os pontos junto à janela em relação à parede oposta, respectivamente. A iluminação só atinge um nível admissível no meio da sala. Os resultados se apresentam assim excessivos junto a janela e deficientes junto a parede.

O nível mais baixo preconizado pela NBR 5413 é de 200 lux para sala de aula, porém o valor ideal considerando a função desempenhada na instituição seria de 300 lux.

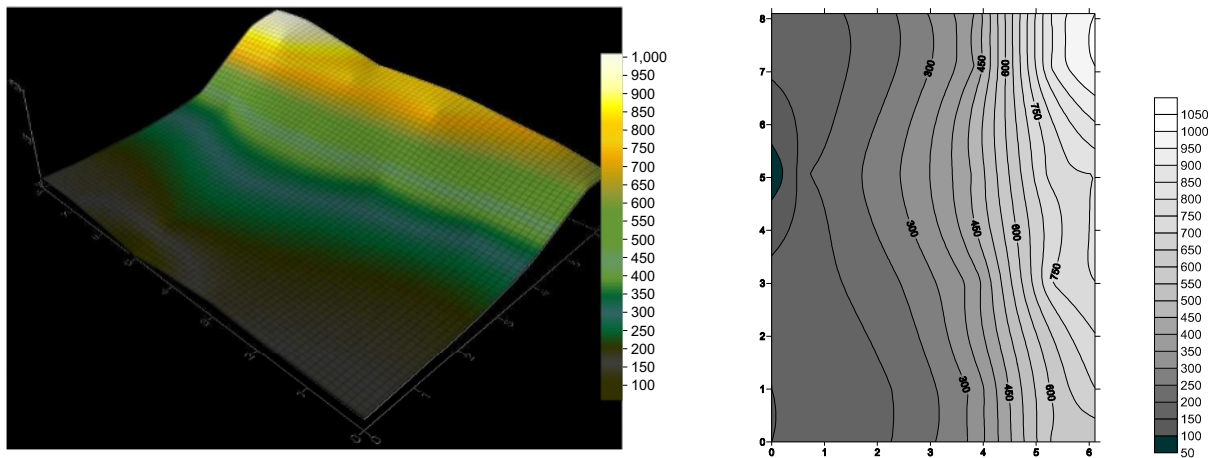
Figura 10: Imagens com as iluminâncias em 3-D e em planta, obtidas com os dados das medições só com iluminação natural.



Fonte: Programa SURFER (2002)

A segunda medição foi realizada às 15h40min com a luz natural associada à luz artificial. O nível de iluminância externo medido foi de 32.500 lux. Estas medições (Figura 11) apresentaram níveis mais uniformes dentro da sala, variando de 163 lux (junto à parede) até um máximo de 920lux (junto à janela). Pode-se afirmar que a sala de aula encontra-se muito longe de atingir os níveis adequados de iluminação estabelecidos por norma, remetendo assim a uma necessidade de controle e complementação com iluminação artificial dentro da sala.

Figura 11: Imagens com os níveis de iluminação em 3-D e 2-D obtidas somente com a iluminação natural e artificial.

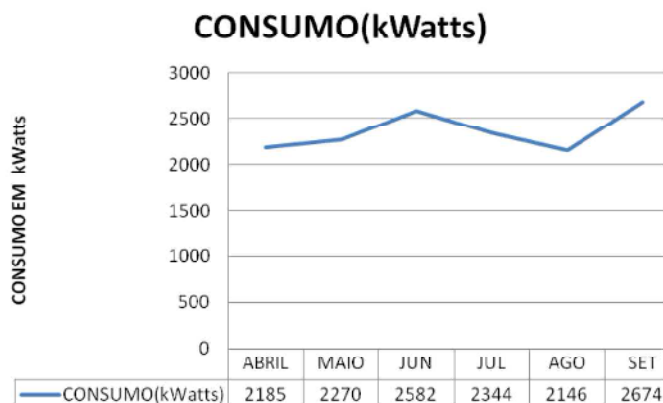


Fonte: Programa SURFER (2002)

3.1.5 Sistema Fotovoltaico

O consumo mensal de energia da escola (Figura 12) é, em média, 2366,00 kW por mês. Este valor é proveniente da iluminação e da torneira elétrica.

Figura 12: Gráfico com consumo mensal em kW da Escola.



A partir disso procurou-se avaliar o melhor sistema de produção de energia para diminuir a conta de energia elétrica, optando-se pela instalação de placas fotovoltaicas. O pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado pela empresa Araxá Solar (2013). A base de dados de irradiação utilizada neste estudo é do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA e outros, 2006), resultado do projeto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), com coordenação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. O Atlas apresenta valores de irradiação na superfície

terrestre, obtidos a partir do tratamento via modelo matemático de uma série histórica (jul/1995 a dez/2005) e imagens de satélite geoestacionário.

A cidade de Rancho Queimado está a 27,6° de latitude Sul, 48,6° de longitude Oeste, e tem média anual de radiação global horizontal diária em torno de 4,31 kWh/m². O estudo da irradiação disponível no local do projeto é fundamental, pois esta variável é diretamente proporcional à geração solar fotovoltaica. A Figura 13 ilustra o comportamento da irradiação ao longo dos meses do ano na região de Rancho Queimado no plano horizontal. Os valores são apresentados em kWh/m² por dia e representam indiretamente quantas horas de sol pleno (1000 W/m²) se tem em média durante um dia.

Figura 13: Irradiação Diária Média durante o ano em Rancho Queimado

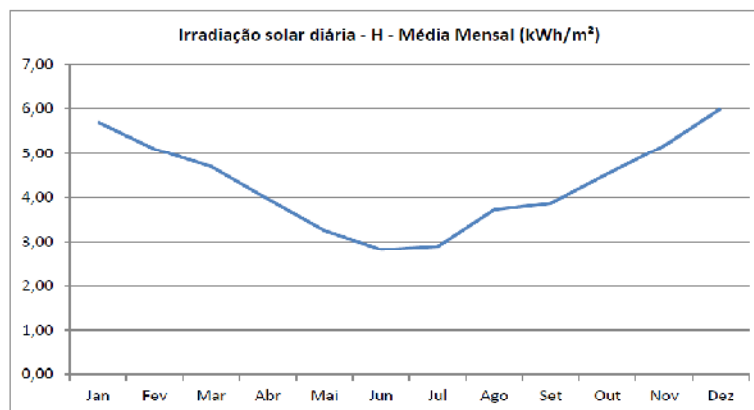


Figura 2.1 - Irradiação diária média durante o ano em Rancho Queimado

Fonte: ARAXÁ SOLAR, 2013

4 INTERVENÇÕES NA ESCOLA

Observou-se que as salas de aula têm iluminação artificial insuficiente tanto em quantidade quanto em qualidade, apresentando valores médios nas salas de aula bem abaixo de 300 lux, valor recomendado pela NBR 5413 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992). As luminárias não são eficientes e as lâmpadas são do tipo fluorescente T12, também pouco eficientes se comparadas com modelos mais recentes, como a T8 e a T5.

As intervenções realizadas na escola são:

- **Pintura das paredes e tetos:** a melhoria dos níveis de iluminação pode ser potencializada com a melhoria nas cores internas, principalmente considerando a cor branca no teto e cores claras nas paredes.
- **Instalação de novo sistema de iluminação artificial:** a instalação elétrica existente foi revista para melhorar sua segurança, capacidade e confiabilidade. O tipo e quantidades de luminárias e lâmpadas sofreram alterações. Um novo projeto de iluminação artificial foi elaborado não só para o aumento dos níveis de iluminação, mas também para a instalação de lâmpadas e luminárias mais eficientes.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 03 – 25. abr.2014/set.2014.

- **Produção de energia elétrica fotovoltaica:** foi feita a instalação de painéis fotovoltaicos sobre parte da cobertura orientada para o norte geográfico e interligados à rede elétrica.
- **Sistema de aquecimento solar de água:** Esta medida além de trazer mais conforto térmico para as crianças, reduzirá a conta de energia pela substituição da torneira elétrica.

Todas estas medidas propiciaram um ganho no conforto das crianças e uma maior qualidade do ambiente de ensino. Além disso, visam um retorno financeiro com a consequente economia de energia e dos gastos com a conta de luz. Outro aspecto refere-se à questão educacional, a instalação de sistemas mais eficientes, passivos e sustentáveis é parte importante no mundo atual. Os alunos terão oportunidade de conhecer e compreender a importância da sustentabilidade e sua relação o desenvolvimento regional.

4.1 Pintura de paredes e tetos

A Tabela 3 mostra as áreas das superfícies internas pintadas na escola, sendo que a pintura do teto foi em esmalte sintético fosco na cor branca em três demãos e a pintura das paredes em tinta látex acrílica fosca, sem massa corrida. Nas paredes, a pintura foi feita com a mesma cor já existente.

Tabela 3: Áreas pintadas na Escola

LOCAIS	TETO (m ²)	PAREDES (m ²)
SALA DE AULA 1	49,50	91,44
SALA DE AULA 2	49,50	91,44
SALA DE AULA 3	48,80	90,24
SALA DE AULA 4	48,80	90,24
BIBLIOTECA	87,00	113,60
TOTAL ÁREA	283,60	476,96

4.2 Instalação de novo sistema de iluminação artificial

Esta etapa consiste na instalação de novas luminárias e lâmpadas nas salas de aula e na biblioteca. Além disso, a instalação elétrica existente foi substituída para melhorar sua segurança, capacidade, eficiência e confiabilidade. A Tabela 4 apresenta a quantidade de luminárias e lâmpadas instaladas na escola.

Tabela 4: Luminárias e lâmpadas substituídas na escola

LOCAIS	Luminárias (un.)	Lâmpadas (un.)
SALA DE AULA 1	9	36
SALA DE AULA 2	9	36
SALA DE AULA 3	9	36
SALA DE AULA 4	9	36

BIBLIOTECA	12	48
TOTAL DO MATERIAL	48	192

A luminária adotada foi a reflexiva, aletada, para quatro lâmpadas tipo fluorescente (potência 14 watts cada e 220 volts) do tipo T5. Este conjunto de luminária e lâmpadas é de alta eficiência energética e garantirá uma distribuição homogênea na iluminação artificial das salas de aula e da biblioteca (Figura 14).

Figura 14: Instalação das luminárias mais eficientes.



O resultado foi visivelmente satisfatório (Figura 15). A iluminação ficou mais adequada, entretanto durante o período do projeto deverão ser realizadas novas medições para constatar os resultados e compará-los com o esperado. Cabe salientar, ainda que o *retrofit* proporcionará à comunidade escolar melhores condições de conforto visual, com a melhoria significativa do nível de iluminação.

Figura 15: Sala de aula após o retrofit



4.3 Produção de energia elétrica fotovoltaica

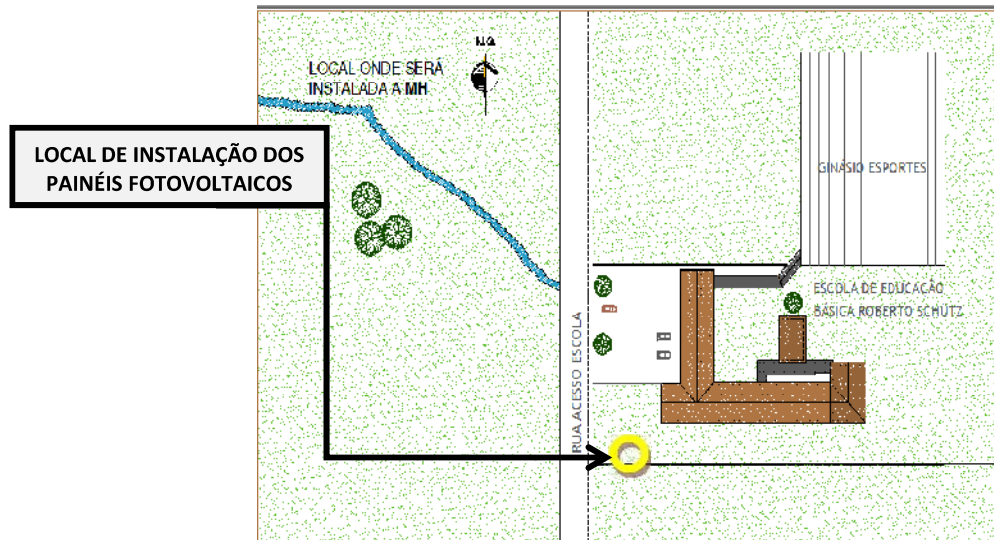
Foi realizada na Escola a instalação das placas fotovoltaicas na cobertura orientada ao norte, conforme projeto e execução da Empresa Araxá (Figura 16).

Figura 16: Instalação de 27 módulos fotovoltaicos (p-Si) na cobertura da escola



O local escolhido para instalação destas placas foi sobre uma cobertura existente na escola voltada para o Norte, conforme mostrado na Figura 17.

Figura 17: Local de instalação dos painéis fotovoltaicos na escola



A escolha do módulo fotovoltaico reflete diretamente no desempenho e nas características do sistema. Para sua escolha levam-se em consideração os parâmetros de custo, tamanho das placas e rendimento. Na Tabela 5 estão descritas as características dos módulos fotovoltaicos utilizados no estudo. A tecnologia é de silício cristalino (p-Si).

Tabela 5: Características do módulo fotovoltaico

Tabela 2.1 - Características do módulo fotovoltaico

Tecnologia	Área	Potência Nominal	Eficiência	Potência/área	Coef. de Temp. Potência
-	(m ²)	(Wp)	(%)	(Wp/m ²)	(%/°C)
p-Si	(1,65x 0,99)	245	15%	150	-0,45

Fonte: ARAXÁ SOLAR 2013

Inicialmente foi dimensionado um sistema composto por duas linhas de 13 módulos, totalizando 26 módulos. Porém com essa configuração o inversor corre o risco de desligar em alguns períodos do ano, principalmente no inverno. Ocorre que com a diminuição da temperatura ambiente há uma elevação na tensão dos módulos, podendo assim ultrapassar a tensão máxima de entrada do inversor.

Como forma de evitar esse risco e sem distanciar muito do sistema original, foi dimensionado um sistema composto por três linhas de nove módulos, totalizando 27 módulos, o qual estará dentro das características necessárias pelo inversor.

Segue na Tabela 6 a expectativa de geração de energia elétrica mensal (kWh/mês) e o total anual (kWh/ano) para o sistema fotovoltaico com 6,61 kWp de potência instalada. Este sistema irá evitar a emissão de 2130 kg/ano de CO₂, dado estimado pelo programa América do Sol simulador (INSTITUTO IDEAL 2012).

Tabela 6: Total mensal médio de energia gerada (kWh/mês) e total anual

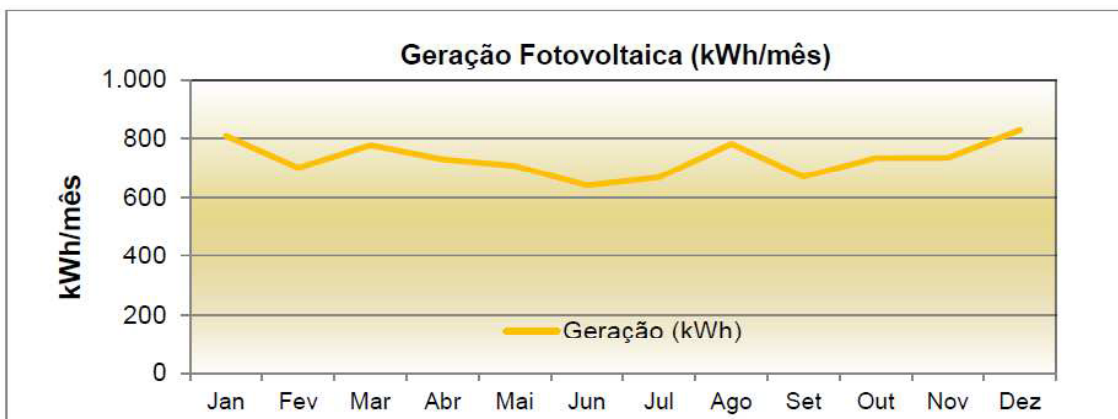
Tabela 3.1 - Total mensal médio de energia gerada (kWh/mês) e total anual.

Mês	Geração (kWh/mês)
Janeiro	809
Fevereiro	702
Março	778
Abril	730
Mai	707
Junho	641
Julho	668
Agosto	782
Setembro	670
Outubro	734
Novembro	735
Dezembro	829
Média	732
Total	8.784

Fonte: ARAXÁ SOLAR 2013

O comportamento sazonal da geração esperada é segundo a Figura 18.

Figura 18: Geração fotovoltaica esperada



Fonte: ARAXÁ SOLAR 2013

4.4 Sistema de Aquecimento Solar de Água

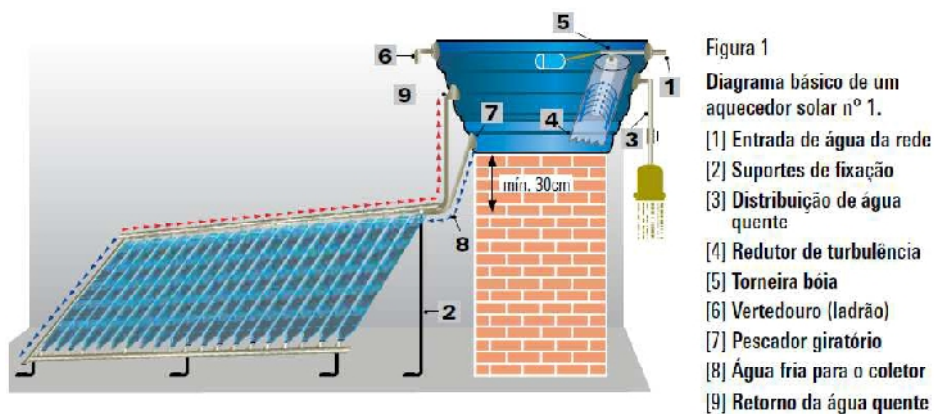
O clima de Taquaras, como já foi visto, é muito frio no inverno e é recomendado aquecimento passivo em todos os meses do ano. Isso torna necessário o uso de sistemas de aquecimento solar de água. Um sistema de baixo custo feito com garrafas PET (ALANO 2009) é a proposta a ser implementada na escola, conforme a Figura 19.

Figura 19: Sistema de Aquecimento Solar de Água com Garrafas PET



Este aquecedor solar é composto de produtos descartáveis, basicamente garrafas PET e caixas de leite tipo Tetra Pak (Figura 20). O sistema funciona pelo efeito de termossifão, onde a água aquecida sobe naturalmente para ser armazenada numa caixa d'água, que deve situar-se acima das placas do coletor solar numa distância mínima de 30 cm e máxima de três metros para funcionamento adequado.

Figura 20: Esquema do aquecedor solar com suas partes constituintes



Fonte: ALANO (2009)

Um sistema composto por cem garrafas PET e cem caixas de leite, por exemplo, ocupa uma área de aproximadamente 1,80 m² e tem a capacidade de aquecer em torno de cem litros de água (ibid).

aquecimento de água atualmente só atende a cozinha por meio de uma torneira elétrica. A proposta é substituir a atual torneira da cozinha e estender o abastecimento de água quente para a copa, e para chuveiros e lavatórios dos banheiros.

5 CONCLUSÃO

O artigo apresentou a intervenção prática de estratégias de eficiência energética e o uso de fontes renováveis de geração de energia no contexto do Projeto REGSA (*Promoting Renewable Electricity Generation in South America*). O local de intervenção foi a escola pública elementar Roberto Schütz, na localidade de Taquaras, no município de Rancho Queimado, em Santa Catarina.

Observou-se uma série de problemas de conforto visual, tanto qualitativos quanto quantitativos nas salas de aula e na biblioteca da escola, o que sugeriu que a intervenção deveria suprir melhores níveis de iluminação e melhor distribuição da luz nestes ambientes.

Após a pintura das superfícies internas das salas de aula e da biblioteca com as cores branca nos tetos e cores claras nas paredes, observou-se que a distribuição da luz ficou bem mais homogênea. As novas luminárias reflexivas abrigaram cada uma quatro lâmpadas fluorescentes eficientes do tipo T5 de 14W cada, proporcionando uma iluminação difusa de alta qualidade e com quantidade adequada segundo a NBR 5413. As aletas das luminárias evitam o ofuscamento direto que seria provocado pelas lâmpadas.

Foram instaladas nove luminárias em cada uma das quatro salas de aula e doze luminárias na biblioteca. A energia elétrica necessária para alimentar este sistema de iluminação serviu para dimensionar um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica da concessionária.

Através do estudo de potencial realizado, foi dimensionado um sistema fotovoltaico composto por 27 módulos de 245 W, com potência total de 6,61 kWp, ocupando uma área de telhado orientado ao norte de 47 m². O valor esperado de geração elétrica do sistema é uma potência de 6,61 kWp e uma geração mensal de 732 kWh (ARAXÁ SOLAR 2013).

Pretende-se comparar o consumo de energia gasto na escola antes das melhorias e após o *retrofit* finalizado. As melhorias das condições ambientais lumínicas também serão avaliadas e comparadas com as leituras preliminares.

Os alunos da escola já estão desenvolvendo pesquisas sobre eficiência energética, estratégias de sustentabilidade e produção de energia de fontes renováveis. Pretende-se também, por meio de cartilhas e da elaboração de painéis, trazer para a comunidade escolar informações mais detalhadas sobre as instalações em uso, como a produção de energia por meio de placas fotovoltaicas e a utilização de luminárias e lâmpadas mais eficientes.

Salienta-se ainda outro resultado advindo do projeto, a sensibilização dos responsáveis pelos estabelecimentos escolares no Estado e municípios, através da divulgação dos resultados, transformando esta iniciativa numa ação generalizada. Durante todo o processo várias entidades e pessoas da comunidade foram envolvidas, como a Prefeitura do Município, Secretarias de Estado do governo, concessionária de energia elétrica, entre outros, demonstrando a intensa participação dos agentes parceiros.

O projeto se configura ainda como uma forma concreta de sensibilização dos usuários pelo uso racional de energia elétrica, advinda de geração renovável.

IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE STRATEGIES IN A SCHOOL IN TAQUARAS, RANCHO QUEIMADO

ABSTRACT

This paper presents the application of energy efficiency strategies and the implementation of new sources of sustainable energy within the context of the REGSA project (Promoting Renewable Electricity Generation in South America). The place of intervention is the elementary school Roberto Schütz in the rural area of Rancho Queimado, in Santa Catarina/Brazil. The preliminary research comprised the bioclimatic analysis of the place and the lighting analysis of four classrooms and the library of the school. Two major problems were identified: the lack of adequate lighting in these rooms and the thermal discomfort in winter caused by the lack of hot water in the bathrooms. The interventions included new painting of walls and ceiling, installation of a new and more efficient artificial lighting system and the renewable energy generation through photovoltaic panels. A solar water heating system made of PET bottles was also proposed, but its installation is not yet concluded. The four classrooms and the library are being benefited with these techniques and bringing more environmental comfort for the students and professors in this school.

Keywords: Energy Efficiency; Bioclimatic Architecture; Renewable Energy.

AGRADECIMENTOS

FUNDOS DA COMUNIDADE EUROPÉIA.

REFERÊNCIAS

ALANO, J. A. (2009). **Aquecedor solar composto de produtos descartáveis: manual de construção e instalação**. Assessoria de Responsabilidade Social Empresarial, CELESC, Santa Catarina, 2009.

ARAXÁ SOLAR. **Estudo de Potencial de Geração Sistema Solar Fotovoltaico**. Documento 0085-03-RL-0001-0. Florianópolis, maio de 2013.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 03 – 25. abr.2014/set.2014.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5413 - Iluminância de interiores**. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações, “Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social”**, Rio de Janeiro, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR15215-4 - Iluminação Natural – Parte 4 “Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações”, Método de medição**. 2005b.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos : INPE, 2006.
- ELETOBRÁS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: sumário executivo – ano base 2005**. Eletrobras, 2007. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B05070313-120A-45FD-964D-5641D6083F80%7D>. Acesso em: out./2012.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco energético nacional 2012: ano base 2011. Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro. EPE, 2012. Disponível em https://Ben.Epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf . Acesso em set./2012.
- INSTITUTO IDEAL. **Simulador Solar**. Disponível em: <http://www.americadosol.org/simulador>. Acesso: 23 set./ 2012.
- LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. **Programa Análisis SOL-AR**, para obtenção da carta solar e das rosas dos ventos para cidades brasileiras. UFSC, Florianópolis. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>. Acesso: jan./2013b.
- LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. **Programa Analysis BIO**, para análise bioclimática de cidades brasileiras. UFSC, Florianópolis. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>. Acesso: jan./2013a.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. Eletrobras, 2013.
- LECHNER, N. **Heating, Cooling, Lighting – Design Methods for Architects**. Second edition, USA, John Wiley & Sons, 2001.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR17 – Norma Regulamentadora – Ergonomia**. Brasília. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>. Acesso: jan./2013.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE INDAIAL. **Decreto nº 30.436, de 30 de setembro de 1986**: Regulamenta o artigo 28 da Lei nº 6.320 de 20 de dezembro de 1983, que dispõe sobre estaestabelecimentos de ensino do Estado de Santa Catarina. Disponível em:
- R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 03 – 25. abr.2014/set.2014.

<http://www.indaial.sc.gov.br/prefeitura/sanitaria/pagina.php?menu=legislacao&lei=30.436>.
Acesso: abr./2014.

RANCHO QUEIMADO. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Rancho_Queimado. Acesso: nov./2012.

RORIZ, M. **Programa ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil Versão 1.1**. UFSCar. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>. Acesso: jan./2013.

SURFER. VERSÃO 8.02. Surface Mapping System, Golden Software Inc. Colorado, USA, 2002.