



# Informativo: Energia

Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para a Cidade  
Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro

# Índice

Ficha Técnica .....	3
Introdução.....	4
Diagnóstico Atual.....	5
Iniciativas do Fundo Verde.....	10
Próximos Passos .....	22

# Ficha Técnica

## **Coordenação Fundo Verde - UFRJ**

Suzana Kahn

Andréa Santos

## **Equipe Técnica do Fundo Verde - UFRJ**

Lucas Ruas Manzatto

Marlon Huamani Bellido

Elizabeth Lima

Giovana Arruda

Rogério Pereira

## **Revisão Final**

Andréa Santos

Bruno Allevato

# Introdução

## O Fundo Verde - UFRJ

O Fundo Verde de desenvolvimento e energia para a cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi instituído pelo **Decreto Nº 43.903** de outubro de 2012 e tem por objetivo a elaboração de projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia, água, resíduos e de mobilidade urbana. Seguindo esta ideia, a Cidade Universitária – UFRJ (5,2 km<sup>2</sup>) está sendo transformada em um modelo de cidade sustentável, através do uso do campus como um laboratório.

## O Informativo

A ideia do Informativo Fundo Verde é apresentar os objetivos e metas das iniciativas sustentáveis nas diferentes áreas de projetos do Fundo Verde (**Mobilidade, Água e Energia**). Esta plataforma de divulgação constitui assim, uma forma de apresentar os resultados e a evolução de todas as iniciativas desenvolvidas pelo Fundo Verde, de forma específica a cada área de atuação.

Diante do cada vez mais complexo processo de tomada de decisões e partindo do pressuposto que não se pode gerenciar aquilo que não é medido, um dos primeiros passos do Fundo Verde na linha de Energia é conhecer as condições atuais de consumo de energia elétrica das instalações da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão, a fim de alcançar os seguintes objetivos:

- (i) Elaborar uma Linha de Referência que possa servir para comparação dos resultados obtidos com ações futuras.
- (ii) Estabelecer as reais necessidades energéticas.

Com isto, o Fundo Verde - Energia e seus parceiros pretendem implementar alguns programas de eficiência energética voltados ao uso racional de recursos e utilização de tecnologias mais eficientes conjuntamente com o uso de fontes renováveis de energia.

Adicionalmente, terá início um sistema de controle de consumo de energia elétrica em cada subestação de forma a se iniciar a construção de uma rede inteligente de monitoração do consumo de energia elétrica.

Este primeiro Informativo é o resultado das ações desenvolvidas ao longo do ano de 2014 e resume a situação das mesmas.

## Diagnóstico Atual

Com o objetivo de desenvolver um Projeto de Monitoramento e Controle de dados relativos a Energia da Cidade Universitária, a equipe técnica do Fundo Verde – UFRJ buscou informações referentes ao consumo de energia elétrica das unidades da Cidade Universitária da UFRJ, localizada na Ilha do Fundão.

A partir destas informações, foi possível levantar dados preliminares do custo total da energia, consumo total de energia, demanda e outros aspectos importantes para a análise do perfil energético da cidade universitária. Alguns conceitos foram previamente definidos para melhor entendimento:

**Consumo de energia elétrica;** quantidade de energia elétrica consumida em um intervalo de tempo, expresso em quilowatt-hora (kWh).

**Demanda;** potência elétrica ativa (ou reativa) solicitada ao sistema elétrico pela parcela de carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

**Demanda contratada;** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

**Demanda medida ou registrada;** maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento de uma instalação.

**Demanda de ultrapassagem;** parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

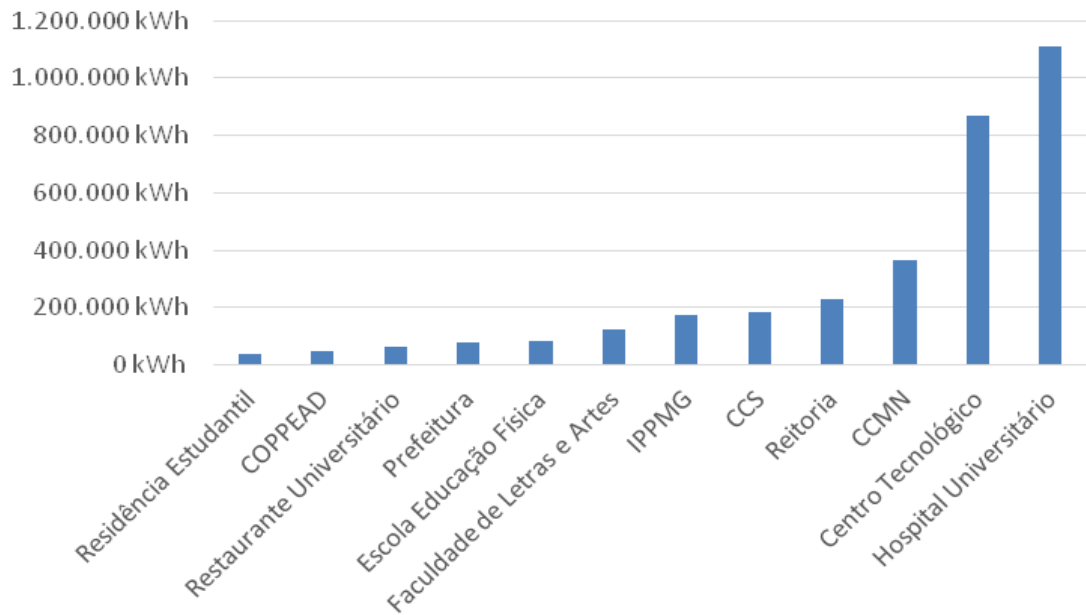
**Demanda faturável;** valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento expressa em quilowatts (kW), com aplicação da respectiva tarifa. Vale a pena destacar que a tarifa de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassar em mais de 5% o valor da Demanda Contratada.

**Tarifa;** preço da unidade de energia elétrica (R\$/MWh) e/ou da demanda de potência ativa (R\$/kW).

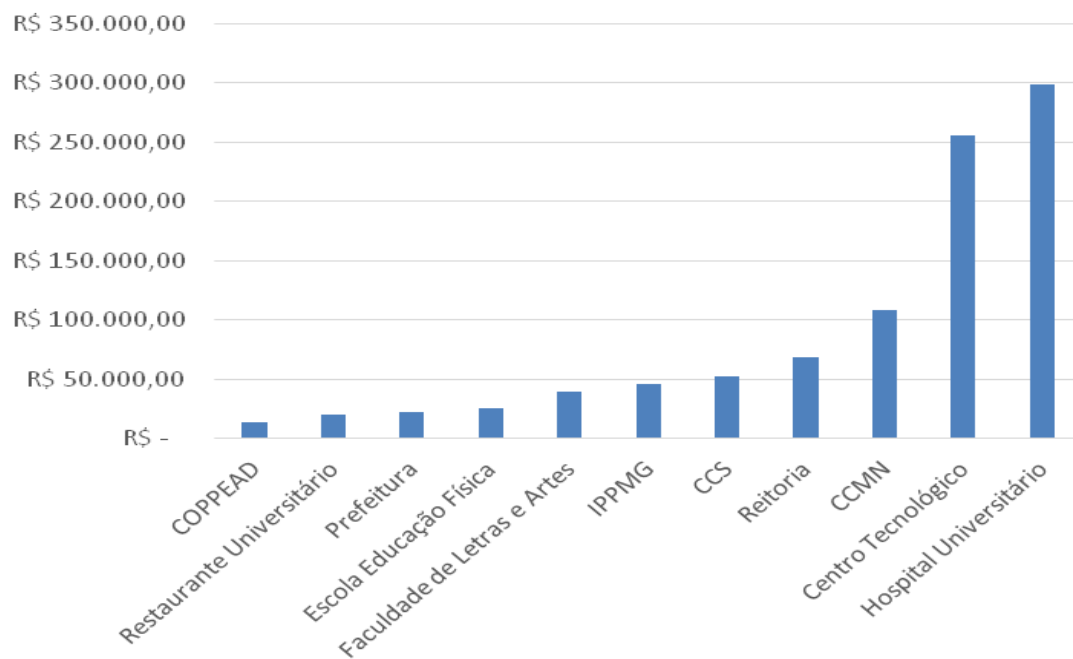
**Tarifa binômia;** estrutura tarifária constituída por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica (kWh) e à demanda faturável (kW).

Conforme apresentado nas Figura 1 e Figura 2 a seguir, é possível observar o consumo médio (kWh/mês) e custo médio (R\$/mês) das diversas unidades da Cidade Universitária da UFRJ, para o período de maio/2013 a abril/2014.





**Figura 1.** Consumo médio de energia elétrica (kWh/mês) nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão.

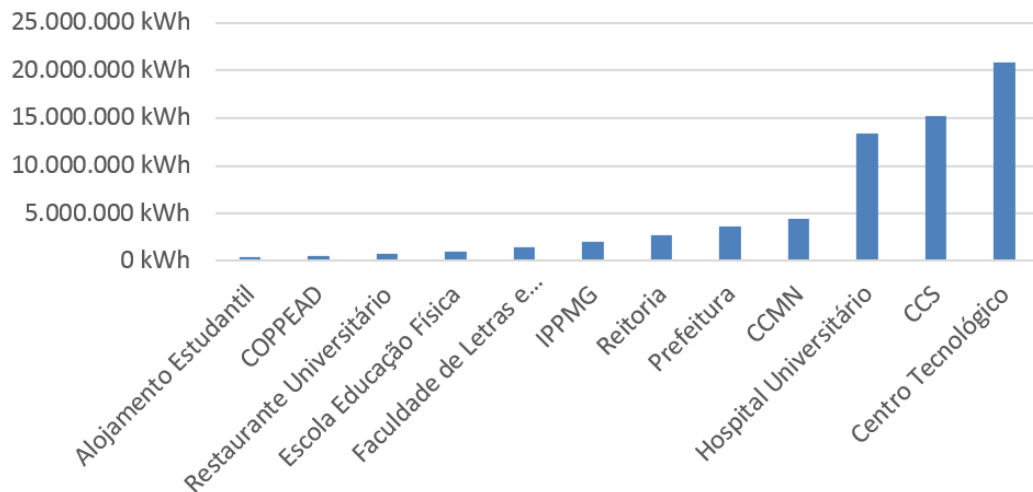


**Figura 2.** Custo médio de energia elétrica (R\$/mês) nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão.

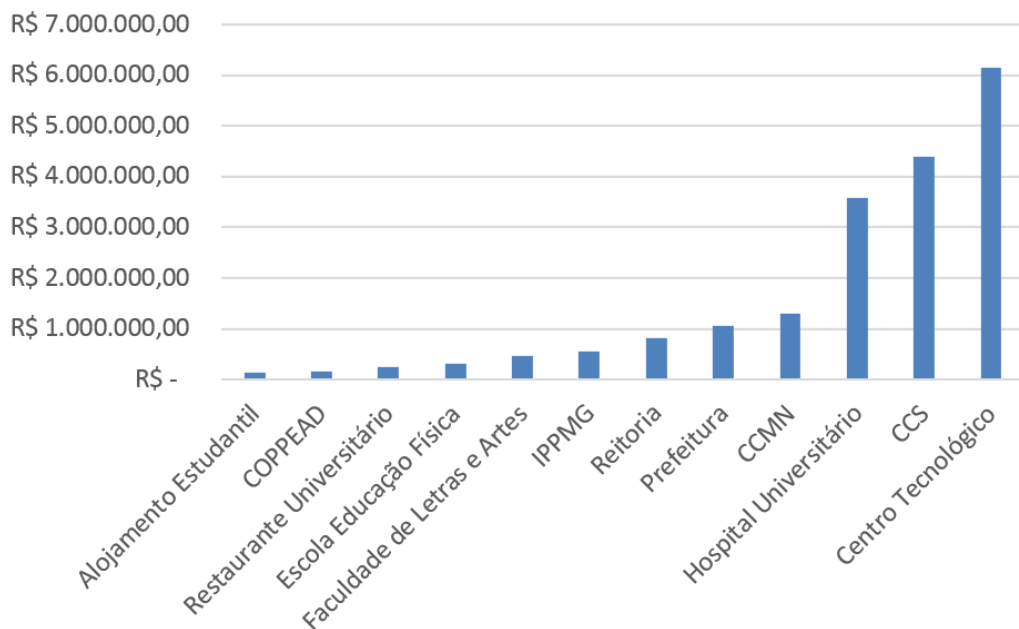
É possível verificar que as três unidades com maior consumo e custo médio de energia elétrica são: o Hospital Universitário (HU), o Centro Tecnológico (CT) e o Centro de

Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN). Vale a pena destacar que a tarifa da UFRJ é binômia<sup>1</sup>.

Nas Figura 3 e Figura 4 apresentadas a seguir é possível observar o valor total do consumo (kWh) e custo (R\$) das diversas unidades da Cidade Universitária da UFRJ, para o período de maio/2013 a abril/2014.



**Figura 3.** Consumo total de energia elétrica (kWh) nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ.

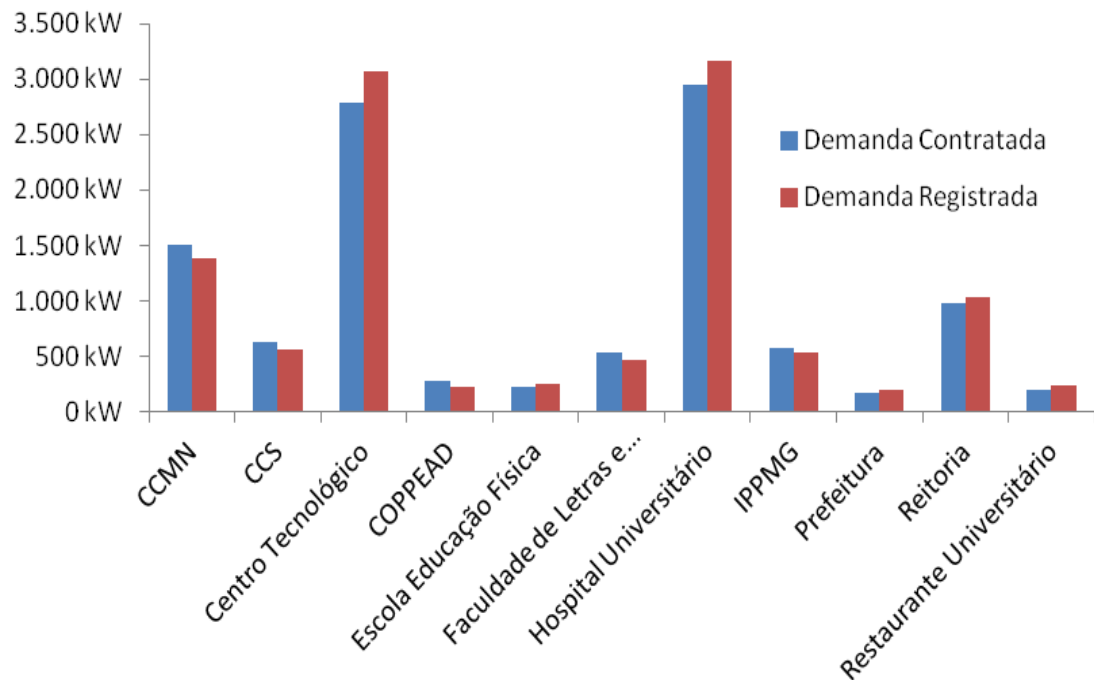


**Figura 4.** Custo total da energia elétrica (R\$) nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ.

<sup>1</sup> Tarifa Binômia - conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável (alta tensão).

Considerando o consumo e o custo de energia elétrica no campus, as três unidades com maior consumo total e custo total de energia elétrica são: o Centro Tecnológico (CT), o Centro de Ciência da Saúde (CCS) e o Hospital Universitário (HU).

Também pode se observar na Figura 5, que para período maio/2013 a abril/2014, as demandas médias mensais registradas (kW), em várias unidades, ultrapassam a demanda contratada (kW), fato que encarece o custo da energia.

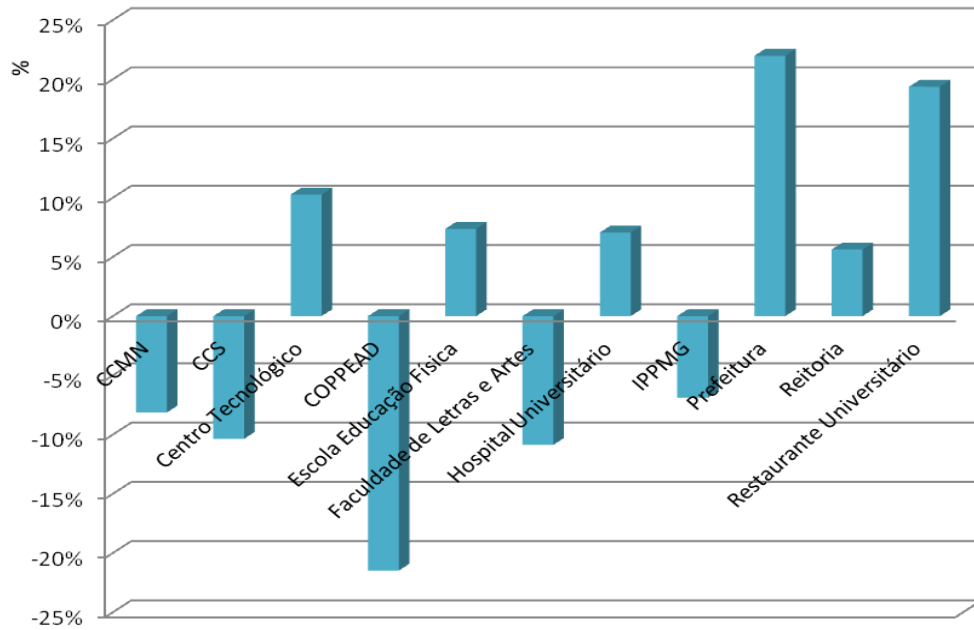


**Figura 5.** Demanda média mensal registrada (kW) e contratada (kW) nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão.

Na Figura 6 é possível observar a porcentagem de ultrapassagem média mensal das diversas unidades da Cidade Universitária para o período maio/2013 a abril/2014. Vale a pena destacar que as duas unidades que pagam a tarifa de ultrapassagem são a Prefeitura da Cidade Universitária (PU) e o Restaurante Universitário, já que esta ultrapassagem supera 10% da demanda contratada.

Valores negativos na Figura 6 indicam que o valor médio mensal da demanda registrada é menor que a demanda contratada, o que poderia significar que esta demanda contratada poderia ser diminuída a fim de reduzir as contas com energia elétrica.





**Figura 6.** Ultrapassagem média mensal da demanda contratada nas unidades da Cidade Universitária da UFRJ.

De maneira geral, as três unidades da Cidade Universitária que apresentam o maior consumo total e custo total de energia elétrica são o Centro Tecnológico, o CCS e o Hospital Universitário. Nesse sentido, ações em eficiência energética poderiam ser aplicadas em qualquer destas unidades, porém, considerando que o Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro possui o maior consumo e custo total, esta unidade é prioritária para a implementação de projetos voltados à eficiência energética.

# Iniciativas do Fundo Verde

Com o propósito de realizar o primeiro passo, que consiste num diagnóstico inicial, ou seja, conhecer e identificar as necessidades e possíveis soluções em energia na cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o Fundo Verde - UFRJ, promoveu as seguintes iniciativas:

1. Foram elaborados dois projetos de consultoria técnica com a parceira Agência de cooperação Alemã, a GIZ:
  - **Estudo de viabilidade técnica econômica (EVTE) para instalação de sistemas solares fotovoltaicos nos telhados em prédios da Cidade Universitária da UFRJ.**
  - **Identificação de oportunidades de redução de consumo de energia elétrica a fim de aprimorar o desempenho energético do prédio do Centro de Tecnologia, bloco A, da Cidade Universitária da UFRJ.**

Estes dois estudos também contemplam a elaboração de Termos de Referência que servirão como base para o desenvolvimento dos futuros Editais de Licitação para compra de equipamentos e contratação de serviços.

2. Elaboração do Termo de Referência e Edital de Licitação visando levantar os requisitos funcionais e técnicos necessários para serviços, equipamentos e softwares buscando o atendimento das funcionalidades requeridas ao **controle de carga das subestações do Centro de Tecnologia da UFRJ na Ilha do Fundão**, a fim de, futuramente, implantar uma **microrrede inteligente**.
3. Licitação e contratação, de empresa de engenharia especializada (Kyocera Solar do Brasil Ltda.) a fim de executar os serviços de instalação de um **sistema solar fotovoltaico tipo cobertura de estacionamento** (Carport), conforme apresentado na Figura 7, localizado no estacionamento anexo ao Laboratório de Geotecnia do PEC/COPPE/UFRJ do Centro de Tecnologia da Cidade Universitária da UFRJ, numa latitude  $-22,863^\circ$  e longitude  $-43,227^\circ$ . A situação atual do estacionamento é mostrada na Figura 8, considerando assim o cenário atual, sem a implantação do estacionamento solar fotovoltaico.

O sistema solar fotovoltaico converte a radiação solar em energia elétrica através de painel fotovoltaico. Este sistema estará composto de 414 módulos fotovoltaicos, 6 inversores com uma potência de 18 kVA cada e terá uma área de  $683,10 \text{ m}^2$  aproximadamente, gerando aproximadamente uma potência de

até 100 kWp/ano, além disso, serão realizados serviços de treinamento das futuras equipes de operação e manutenção (O&M), serviços de operação assistida e organização dos serviços de comissionamento.



**Figura 7.** Sistema solar fotovoltaico tipo cobertura de estacionamento próximo do Laboratório de Geotecnia do PEC/COPPE/UFRJ do CT.



**Figura 8.** Estacionamento anexo do Laboratório de Geotecnia do PEC/COPPE/UFRJ do CT onde será instalado o sistema fotovoltaico.

4. Como resultado da cooperação com a Universidade de Tsinghua (China) a UFRJ conseguiu uma doação 10 **coletores solares de tubo de vidro sob**

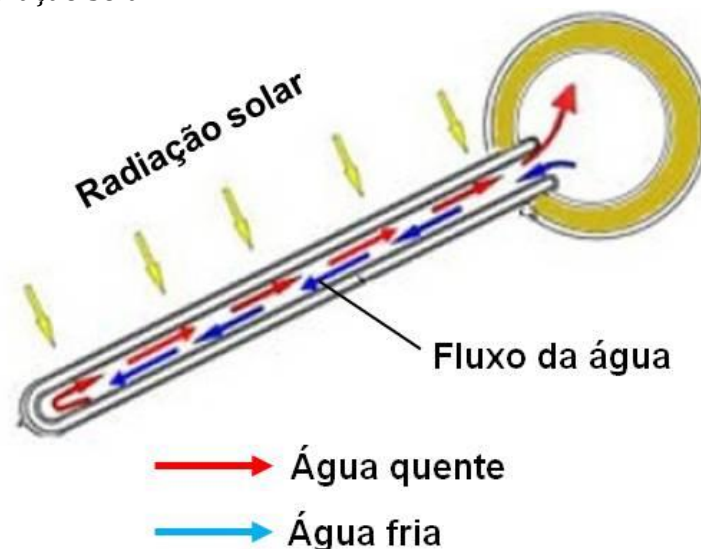
**vácuo para aquecimento de água**, cujas características são apresentadas na a seguir.

### **Descrição técnica dos coletores solares da Tsinghua Solar**

**Coletor solar de tubo de vidro à vácuo (Série JB):** Coletor composto por uma série de tubos acoplados a um reservatório térmico, conforme mostrado na Figura 18, onde cada um possui um absorvedor, que faz com que os raios solares incidam perpendicularmente em suas superfícies durante quase todo o dia, aumentando sua eficiência em relação aos coletores planos.

Devido ao vácuo existente no espaço confinado entre as paredes do tubo, o sistema não sofre interferência do meio externo (vento, chuva, e dias nublados).

A radiação solar atravessa a região com vácuo e aquece a água inserida dentro do tubo, após o aquecimento a região com vácuo não permite a transmissão de calor para a superfície externa, logo, a medida que a água é aquecida, pela diferença de densidade, esta desloca-se para cima, a água mais fria desce pelo tubo em um fluxo contínuo enquanto houver incidência de radiação solar.



**Figura 9.** Esquema funcionamento coletor tubo de vidro à vácuo.

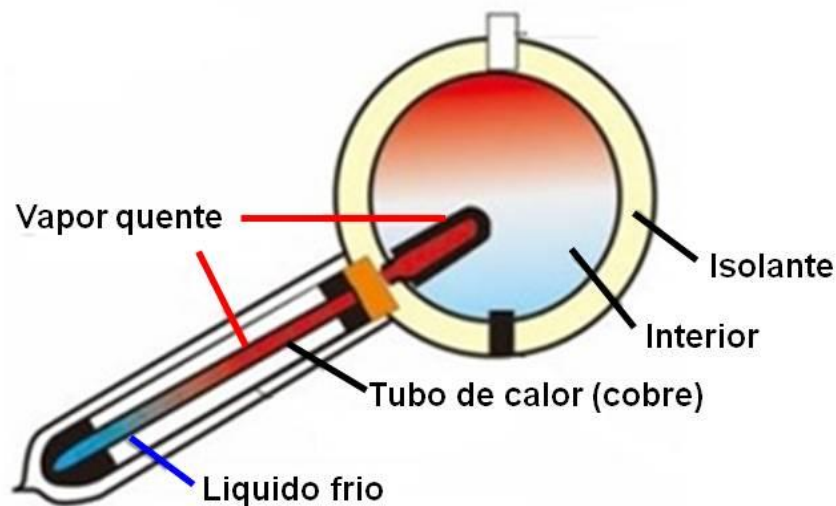
Dentre as principais vantagens deste tipo de sistemas destacam-se: absorvedor altamente eficiente de alto desempenho; cilindro interno de aço inoxidável livre de corrosão; estrutura simples, de fácil montagem e instalação; pode ser usado durante todo o ano, mesmo no clima frio; pode ser utilizado em conjunto com aquecimento elétrico auxiliar; vida longa de aproximadamente 15 anos; para sistemas em grande escala pode ser instalado tanto com conexões paralelas ou série; entre outras.

**Coletor solar de tubo de vidro à vácuo com tubo de calor (Série JR):** Coletor composto por uma série de tubos acoplados a um reservatório



térmico, onde cada tubo de vidro contém um tubo metálico chamado tubo de calor (heat pipe), conforme mostrado na Figura 19. A água recebe energia térmica através do tubo de calor, este contém no seu interior um líquido facilmente evaporável que, quando aquecido pela radiação, sofre um ciclo evaporação/condensação; quando se evapora sobe, logo ao atingir o topo troca calor com a água e se condensa, reiniciando o ciclo.

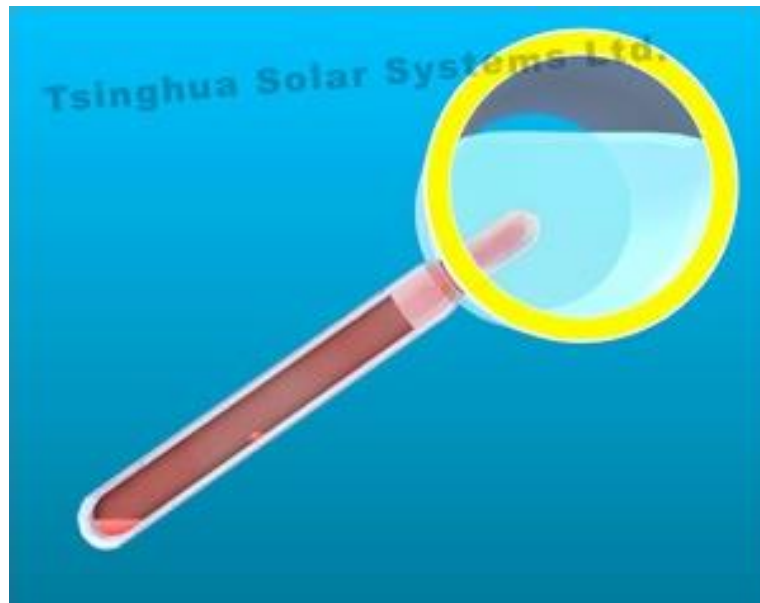
De maneira geral, este tipo de sistemas, assim como todos os sistemas evacuados, apresenta vantagens como anticongelamento, funcionamento rápido, resistência às altas pressões, fácil instalação e manutenção, entre outras. Porém a sua grande deficiência na prática é o desenvolvimento de um selo eficiente entre o vidro e o metal que mantenha o vácuo no decorrer do seu funcionamento. A falta disto leva à formação de vapores não condensáveis no interior do tubo de vidro, o que reduz a sua vida útil.



**Figura 10.** Esquema funcionamento coletor tubo de vidro à vácuo com tubo de calor.

#### **Coletor solar de tubo de vidro à vácuo com tubo de calor (Série JH):**

Coletor composto por uma série de tubos acoplados a um reservatório térmico, conforme mostrado na Figura 11, onde cada tubo de vidro absorve-se a energia solar para posteriormente transferi-la a um fluido de transferência térmica no tubo de calor ao longo de toda sua superfície interna. Revestimentos seletivos são usados na superfície do tubo de calor para maximizar a absorção de radiação solar e minimizar a energia radiada.



**Figura 11.** Esquema funcionamento coletor tubo de vidro de calor.

A continuação mostra-se na Tabela 1, as características dos coletores solares da Tsinghua Solar.

**Tabela 1.** Características dos coletores solares da Tsinghua Solar.

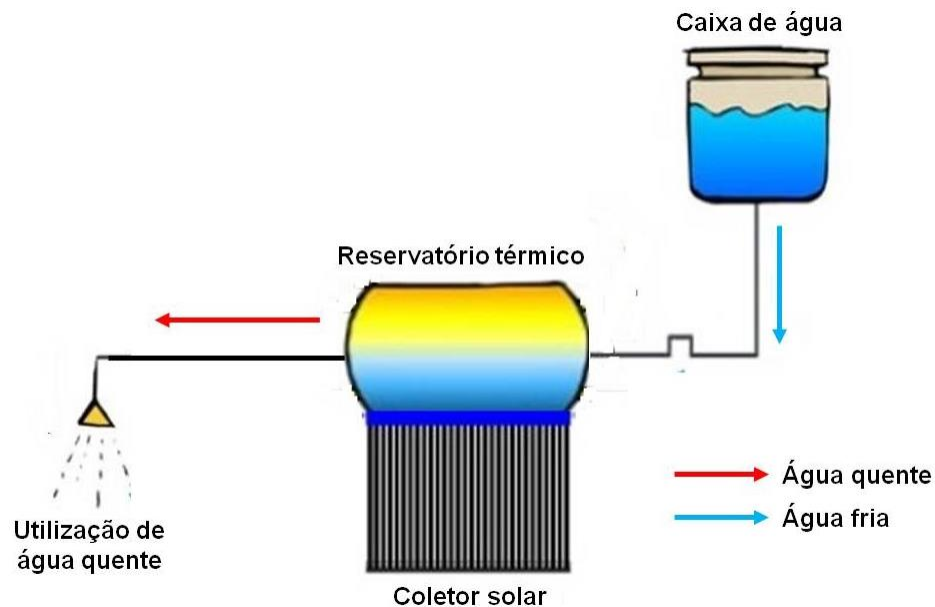
<b>Modelo</b>	<b>JB - 150</b>	<b>JR471524</b>	<b>JH471524</b>
Especificações dos tubos de vidro	Φ58x1800mm & Φ47x1500mm	Φ47x1500mm	Φ47x1500mm
Número de tubos	21	24	24
Volume do reservatório térmico	150 L	178 L	150 L
Área de abertura	2,02 m <sup>2</sup>	2,40 m <sup>2</sup>	2,04 m <sup>2</sup>
Peso	70 kg	52 kg	--
Pressão de operação	0,1 Mpa	0,45 MPa	0,1 MPa
Aquecimento elétrico auxiliar	2 kW	2 kW	2 kW

Destes coletores solares, alguns deverão ser instalados pela UFRJ e outros pelo Fundo Verde.

Os sistemas de aquecimento solar utilizam a energia contida na radiação solar para aquecer a água que pode ser posteriormente utilizada em diversos usos. A água aquecida será utilizada em chuveiros para banho, quando a água estiver aquecida entre 40 °C e 50 °C está deverá ser temperada para uso. A água pode ser aquecida entre 60 °C e 70 °C, para uso em cozinhas industriais,



e também será utilizada no laboratório a uma temperatura de 70 °C. O esquema de funcionamento do sistema de aquecimento solar pode ser observado na Figura 12 a seguir.



**Figura 12.** Esquema de funcionamento do sistema solar de aquecimento de água.

Os coletores sob responsabilidade do Fundo Verde, foram instalados nos seguintes lugares:

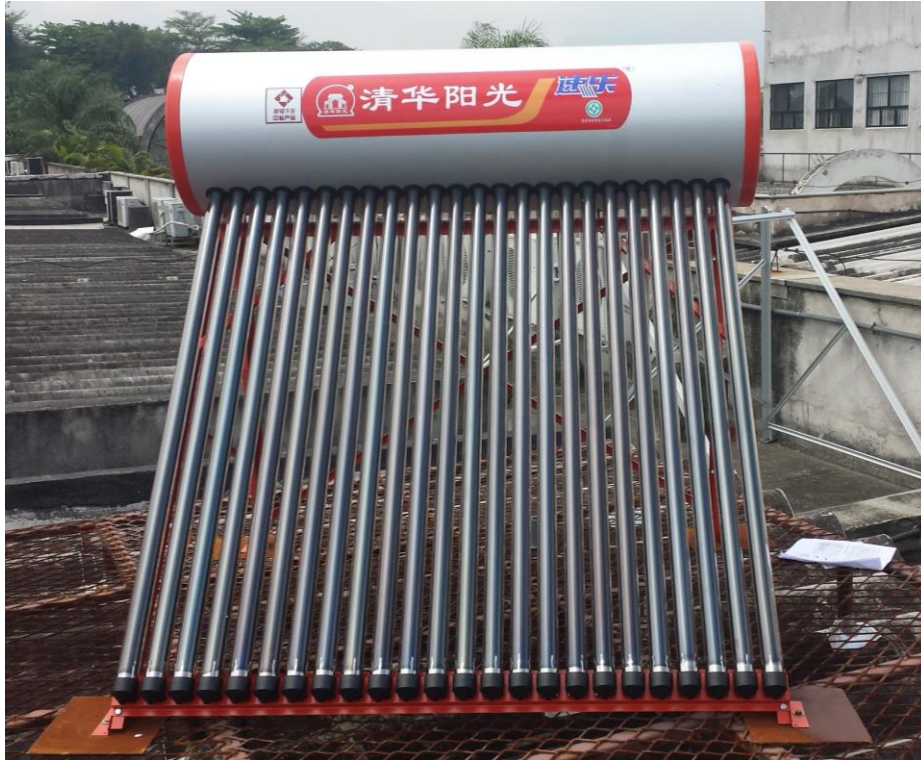
- a) Um primeiro coletor foi instalado no Restaurante do Grêmio da Cidade Universitária de UFRJ, conforme observado na Figura 13.

As características deste coletor são apresentadas a seguir: 24 tubos de vidro de  $\Phi 47 \times 1500 \text{ mm}$ , volume do reservatório térmico de 178 litros, área de abertura de  $2,40 \text{ m}^2$ , peso de 52 kg, pressão de operação de 0,45 MPa e aquecimento auxiliar de 2 kW, sendo utilizado para usos de cozinha e, como mencionado anteriormente, a temperatura da água deverá estar entre 60 °C e 70 °C.



**Figura 13.** Coletor solar instalado no restaurante Grêmio na Cidade Universitária na Ilha do Fundão.

- b) O segundo coletor foi instalado no Laboratório COPPECOMB/PEQ/COPPE (iniciado), a fim de ser utilizado nos banheiros do laboratório para banho dos funcionários e colaboradores. O coletor fornecerá água quente a uma temperatura de 40 °C, e deverá ser utilizado por aproximadamente 5 pessoas. Na Figura 14 apresenta o coletor solar posicionado no telhado do laboratório COPPECOMB.



**Figura 14.** Coletor Solar no Laboratório COPPEComb/PEQ/COPPE.

- c) O terceiro coletor ficará no Galpão da Planta Piloto de Produção de Biocombustível (aguardando obra), a fim de ser utilizado no processo de produção do biocombustível.
- d) O quarto e quinto coletores serão instalados no Laboratório de Estruturas (Laboratório NUMAT), ambos sob responsabilidade do Prof. Romildo Toledo (aguardando projeto), a fim de serem utilizados nos banheiros do laboratório para banho, e no próprio laboratório para a limpeza de aparelhos utilizados em testes experimentais. Neste lugar os coletores fornecerão água quente a uma temperatura de 40 °C, para banho, e 70 °C para limpeza de aparelhos. É estimado que os banheiros sejam utilizados por aproximadamente 5 pessoas, conforme apresentado na Figura 15.



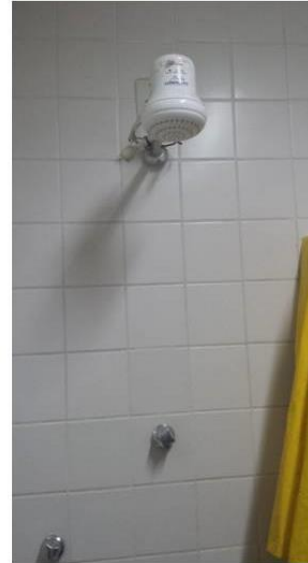
**Banheiro  
Masculino**



**Banheiro  
Feminino**



**Banheiro  
Técnicos**



**Figura 15.** Banheiros no Laboratório de Estruturas e NUMAT que serão atendidos pelo coletor solar.

- e) Dois os coletores serão instalados no alojamento dos estudantes (aguardando projeto), nos banheiros dos quartos dos estudantes para banho. Neste lugar, o coletor fornecerá água quente a uma temperatura de 40 °C, e deverá ser utilizado por aproximadamente 9 pessoas. A Figura 16 apresenta o local onde serão instalados os coletores.



**Figura 16.** Telhado do alojamento de estudantes onde serão instalados os coletores solares.

5. Instalação de um projeto piloto de **ar condicionado solar com coletores (TVP Solar)**. Trata-se da aplicação de uma nova tecnologia de geração de energia térmica a partir da radiação solar, que será instalado no telhado do Centro de Tecnologia 2 (CT2) da Cidade Universitária da UFRJ, conforme apresentado na Figura 17. Este projeto piloto poderá servir como um demonstrativo sobre inovação tecnológica no país, levando a indústria a vislumbrar outras aplicações que não a refrigeração solar.

No sistema de ar condicionado solar um conjunto de coletores solares planos a vácuo, da marca TVP Solar, absorve a energia da radiação solar incidente, por meio de um fluido de transferência de calor que circula no seu interior e que tem a capacidade de atingir entre 60 °C a 250 °C. O calor gerado é transferido para um chiller de absorção, sendo, portanto, o conjunto de coletores solares o responsável pela geração de calor.

Posteriormente, no chiller de absorção de dupla fase, que recebe a energia térmica do fluido de transferência de calor, esfria-se a água que seguidamente será a responsável por esfriar o ambiente selecionado.

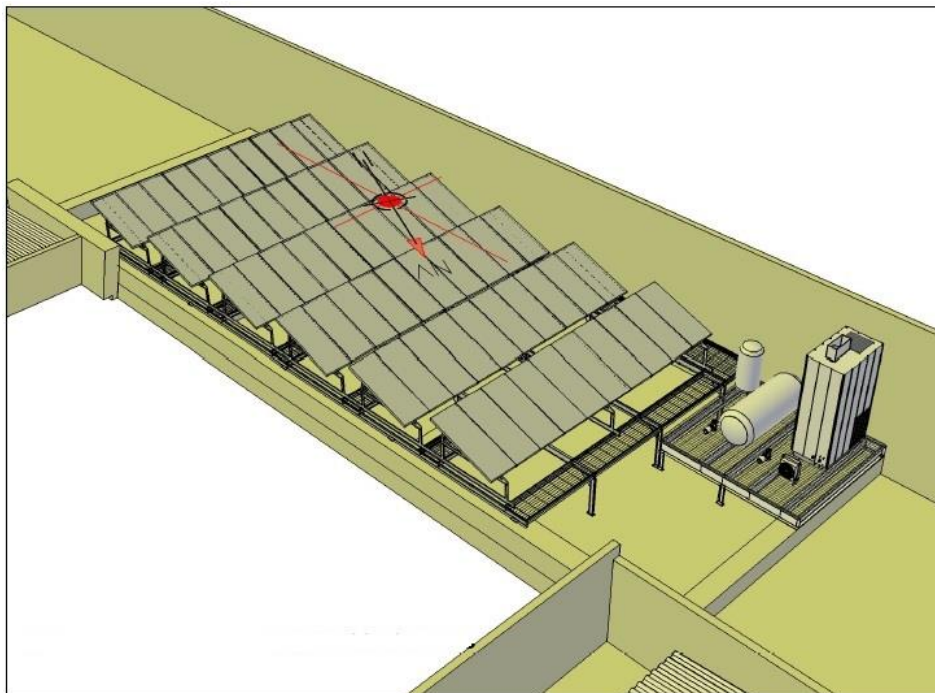
Vale a pena destacar que este sistema será híbrido, com a utilização de Gás Natural, que será pontual ou eventual, apenas nos casos em que a energia solar não seja suficiente para atender a demanda. O esquema de instalação deste sistema pode ser observado na Figura 18. As características técnicas do sistema solar podem ser observadas na Tabela 1 e o esquema de funcionamento deste sistema poder ser observado na Figura 19.

**Tabela 2.** Características técnicas do sistema de ar condicionado solar instalado no CT2 da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão.

Área do escritório	140 m <sup>2</sup>
Área coletores	100 m <sup>2</sup>
Número de coletores	50
Capacidade chiller	23 kW
Total energia produzida pelo sistema solar	32,16 MWh/ano
Consumo Gás Natural	633,63 m <sup>3</sup> /ano
Economia energia elétrica	10,34 MWh/ano



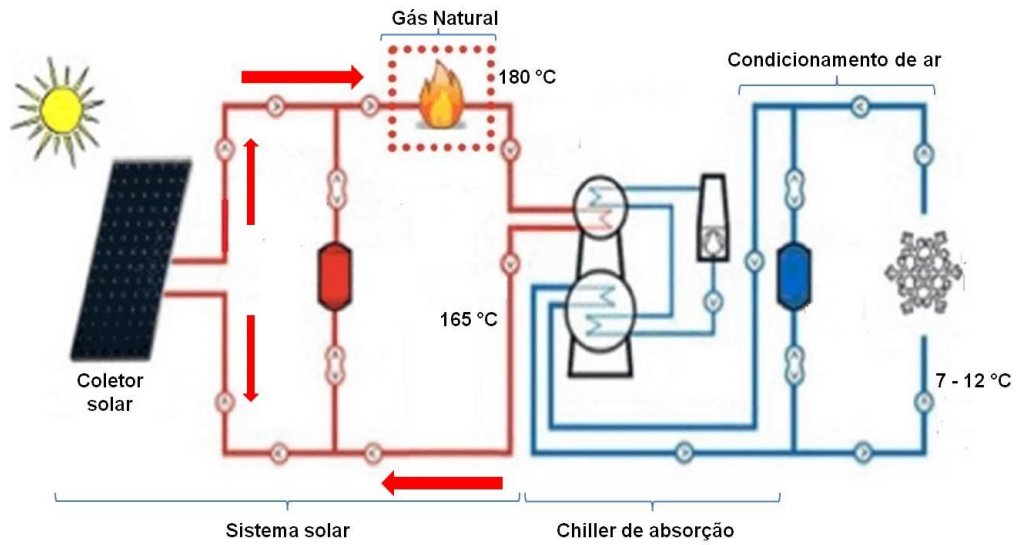
**Figura 17.** Telhado do CT2 da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão onde será instalado o sistema de ar condicionado solar.



**Figura 18.** Esquema de instalação do ar condicionado solar no telhado do CT2 da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão.

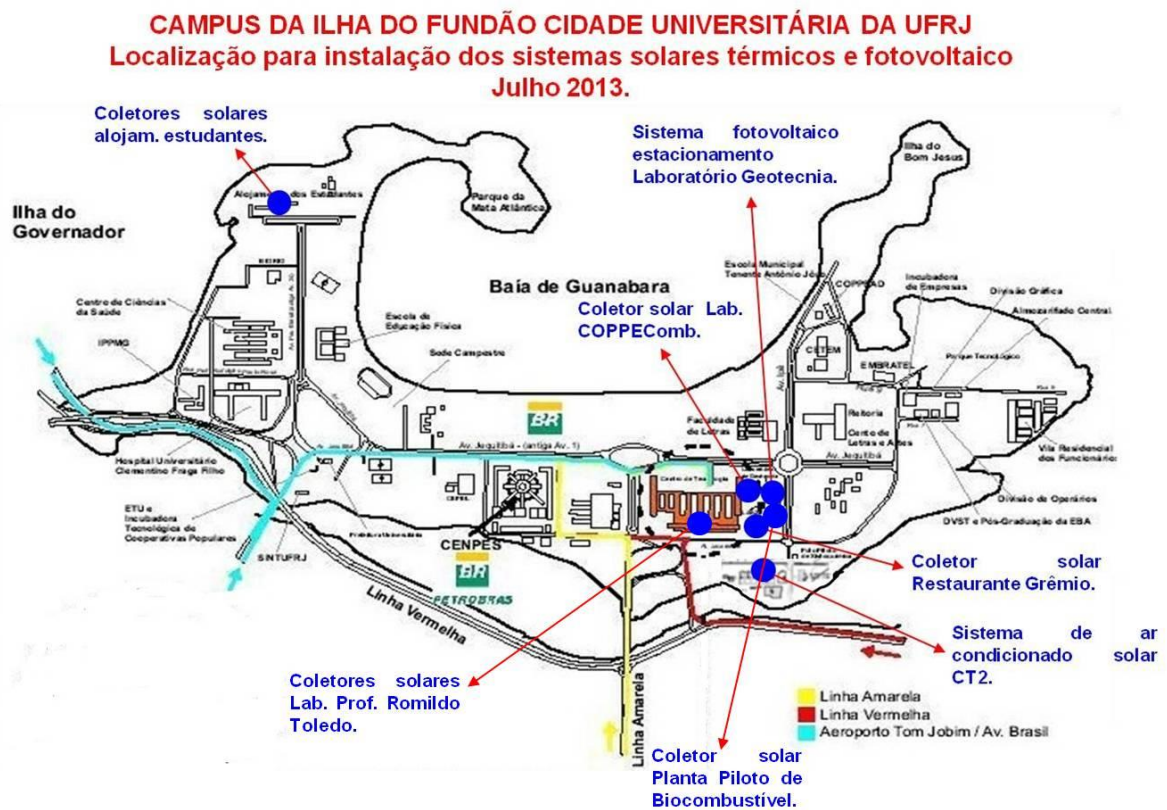
A figura a seguir apresenta o esquema de funcionamento do sistema de ar condicionado solar a ser instalado no telhado do CT2 da Cidade Universitária da UFRJ.





**Figura 19.** Esquema de funcionamento do sistema de ar condicionado solar a ser instalado no telhado do CT2 da Cidade Universitária da UFRJ.

A Figura 20 apresenta os locais onde serão instalados os equipamentos solares térmicos e fotovoltaico.



**Figura 20.** Localização espacial de instalação dos sistemas solares térmicos e fotovoltaico da Cidade Universitária da UFRJ.

## Próximos Passos

A seguir são apresentadas algumas das atividades relacionadas a energia na cidade universitária:

- Instalação do sistema solar fotovoltaico pela empresa Kyocera Solar do Brasil Ltda. no estacionamento anexo ao Laboratório de Geotecnia do PEC/COPPE/UFRJ do Centro de Tecnologia.
- Instalação dos coletores solares doados pela empresa chinesa Tsinghua Solar através do Centro China Brasil de Mudanças Climáticas. Vale a pena destacar que a empresa de Tsinghua Solar se colocou a disposição para doação de mais equipamentos de acordo com as necessidades da universidade.
- A partir dos estudos e dados levantados das subestações do Centro Tecnológico da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão, será iniciado o processo de estruturação e instalação de uma “Rede Inteligente” no CT.
- Os dados levantados a partir do estudo sobre a situação atual do uso de energia no Centro de Tecnologia, desenvolvidos pela GIZ, devem servir de base para uma melhor análise do desempenho energético do CT da Cidade Universitária da UFRJ e a implementação de um programa de Eficiência Energética no mesmo.
- Aquisição de novos equipamentos solares visando ampliar a participação da energia solar renovável na cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

