

Diagnóstico Energético

Projeto de Eficientização do Colégio Técnico de Teresina

Índice

1.

Resumo executivo

.....
.....
.....
....

6

2.

Dados

.....
.....
.....
.....

6

2.1.

Empresa executora

.....
.....
.....

6

2.2.

C liente beneficiado

.....
.....
.....
.

7

3.

Aprovação do cliente

10.2.2.

Variáveis independentes

.....
.....
.....

28

10.2.3.

Período da Linha de base

.....
.....
.....

28

10.2.4.

Modelo de consumo da linha de base

.....
.....

28

10.2.5.

Fronteira de medição

.....
.....
.....

28

10.2.6.

Efeitos interativos

.....
.....
.....

28

15

Proposta de Ações de Treinamento e Capacitação

.....
.....

45

15.1

Instrutor

.....
.....
.....
.....

45

16

Impactos ambientais e redução de emissão

.....
.....

46

17

Contrapartida

.....
.....
.....
.....

47

18

Conclusão

.....
.....
.....
.....

Índice de Tabelas

Tabela 1

-

Descrição dos ambientes e horário de funcionamento.

.....
.....

12

Tabela 2

-

Iluminação (Sistema Atual)

.....
.....
.....

13

Tabela 3

-

Substituição iluminação

.....
.....
.....

13

Tabela 4

-

Iluminação (Sistema Proposto)

.....
.....
.....

13

Tabela 5

1.

Resumo executivo

O objetivo deste projeto é promover a efficientização da iluminação

*do
Colégio*

Técnico de Teresina

*e implementar um
sistema de geração de energia fotovoltaica*

nas

instalações da unidade.

*É prevista a substituição das
lâmpadas fluorescentes tubulares*

e fluorescentes

compactas

por modelos mais eficientes de LED. Pretende

-

se também realizar a instalação

de um sistema de geração solar fotovoltaica conectada à rede. Essas medidas reduzirão

consideravelmente o consumo de energia elétrica, e impactarão positivamente em todos os

meios

*envolvidos, tanto na
redução dos custos para o beneficiário
, como na redução da*

demanda no horário de ponta para concessionária.

A

*fim de
maximizar o impacto social e a redução no consumo de energia elétrica*

,

2.2.

Cliente beneficiado

Cliente beneficiado

Cliente

Fundação Universidade Federal do Piauí Colégio Agrícola de CC

Nome Fantasia

Colégio Técnico de Teresina

CNPJ

06517387/0001

-

34

Nº

s

do cliente

0107182

-

3

Modalidade tarifária

Outros

-

Verde

Classe/ Subclasse

Pub. Federal A4

Endereço

4.

Apresentação da empresa executora

*A
Ecos
ol*

*é uma empresa concebida no início da década de 90, idealizada com o
objetivo de propagar a
cultura de eficiência energética e energia solar*

.

Localizada em

Niterói

—

Rio de Janeiro, a Ecosol vem desde 1993 oferecendo soluções em aquecimento

*solar, instalaç
ões hidráulicas, elétricas e Fotovoltaicas. Nascida na Região Oceânica como*

fabricante de Coletores, a Ecosol especializou

-

se em projetos e instalações, participando de

grandes obras como o maracanã, as arenas olímpicas, indústrias, hospitais, escolas,

*aca
demias, prédios residenciais e comerciais,
além das
diversas participações no*

*Programa de Eficiência Energética da ANEEL, com projetos aprovados em todas as
macrorregiões do Brasil*

.

*Para o sucesso de seus serviços, a Ecosol conta com um corpo profissional
que*

disponibiliza as seguintes estruturas:

•

Atualmente, presente em 18 estados do país e com mais de 600 sistemas de energia solar fotovoltaica em operação, a ECOSOL contribui na construção de um futuro mais sustentável para o planeta. Em seu período de atuação, pode

-

se comprovar
experiência e

credi
bilidade

junto aos grupos de
concessionárias de energia ENEL, Energisa,
Equatorial e Neoenergia

.

5.

Descrição e detalhamento do projeto

5.1.

Vistoria na Unidade Consumidora e Avaliação

Com o objetivo de identificar as necessidades e a possibilidade de efficientização da

UC, foi
realizada
, pelo engenheiro eletricista subcontratado
Lucas Araújo
Pereira

uma

vistoria técnica e o levantamento de dados mostrado na tabela na seção “
5.2.

Levantamento

”. Como pode ser observado, a proposta de efficientização contempla a
substituição das lâmpadas de tecnologia antiga por novas lâmpadas mais eficientes.

Com as coordenadas geográficas, foi possível verificar o potencial de instalação do

*Figura
1*

-

Irradiação aproximada no local da UC

.

5.2.

Levantamento

A tabela a seguir determina o quantitativo de equipamentos

presentes

por ambiente e

o horário de funcionamento.

Local

Quantidade

de meses de

utilização

Dias da

semana

em uso

Horas

de

uso

diário

Horas

.

MONTAGEM E

MANUTENÇÃO

INFO.

10

4

2.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

40W

6

LABORATÓRIO

INFORMÁTICA II

10

5

4.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

40W

12

SALA 6

10

5

9.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

40W

SALA

PROFESSORES

AGROPECUÁRIA

10

5

9.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

40W

2

WC MASC PROF

10

5

9.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

20W

2

WC FEM PROF

10

5

9.0

0.0

TUBULAR FLUOR.

20W

2

*Tabela
2*

-

*Ilumi
nação (Sistema Atual)*

5.4.

Descrição do Sistema Proposto

Iluminação:

As lâmpadas serão substituídas de acordo com a tabela a seguinte:

Equipamento

Atual

Equipamento

Proposto

Universo

*Tubular 4
0W*

*Tubular LED
16
W*

290

Tubular 20W

Tubular LED 8W

118

Fotovoltaico:

*O sistema terá potência de
33*

*,
5*

*kWp em
62 módulos, e 1 inversor*

com

potência

*nominal
de
25*

*kW
,*

*e
será instalado*

em estruturas fixadas

*no telhado
.*

*Na
imagem e tabela abaixo, mostramos mais detalhes do sistema:*

*Tabela
6*

-

*Fotovoltaico (Sistema Proposto)
.*

As

lâmpadas e os respectivos reatores serão retirados, devidamente descartados e

substituídas por lâmpadas de tecnologia LED, que não precisam de reatores.

Ao final

da substituição, será realizado relatório de medição

e verificação, seguindo as

orientações do PIMVP (EVO,2012) e PROPEE (ANEEL,2013).

Fotovoltaico:

Será instalado um sistema fotovoltaico, com estruturas de fixação (trilhos) no telhado

da unidade consumidora

*.
A*

fixação dos trilhos se dará

sobre o madeiramento do telhado

através de parafuso estrutural. A geração de energia servirá

para abastecer a demanda de

energia da unidade contemplada

no projeto.

O serviço começará a ser realizado pela fixação

e montagem das estruturas,

Descrição:

Sugerimos:

Organização de palestras, workshops

e distribuição de material informativo (folders/cartilhas), garantindo uma

*eficaz ação educativa, de forma a dar ciência à sociedade acerca das ações adotada pela Conco
projeto*

de efficientização, e dos benefícios trazidos pelo consumo consciente.

Serviço:

Substituição do Medidor de energia

Executora:

ENEL

Descrição:

Substituição do medidor das

unidades

consumidora por um medidor bidirecional

Led tubular 16W

25.000

20,00

Led tubular 8W

25.000

12,80

Led tubular 8W

25.000

6,88

Led tubular 8W

25.000

20,00

Led bulbo 8W

25.000

12,80

Led Bulbo 8W

25.000

20,00

Led bulbo 8W

25.000

6,88

Led bulbo 8W

25.000

12,80

5.6.1.1.

Módulos

Os módulos solares fotovoltaicos utilizados serão do modelo

JAM72D30

-

540/Mb

, da

fabricante

JA

,

o modelo consta na lista dos

Módulos Fotovolt

aicos certificados pelo

PROCEL

,

vide anexo C

,

e possui as seguintes especificações técnicas:

Tabela

11

-

Especificações elétricas

.

Tabela

12

-

5.6.1.2.

Inversor

Foi selecionado para a proposta o inversor da marca Sungrow, modelo SG12KTL

-

M

.

Abaixo, encontram

-

*se as
especificações técnicas do mesmo:*

*Entrada (C
C)*

*Saída (CA
)*

5.6.1.3.

String box

*A string box escolhida para o orçamento deste diagnóstico,
é STRING BOX
CLAMPER*

SOLAR SB600

1

-

25/09



Galvanizada a Fogo conforme Norma NBR 6323;



Projetada para suportar cargas aerodinâmicas conforme Norma ABNT NBR 6123.

5.6.1.5.

Cabos e conectores

Os cabos e conectores a serem utilizados serão de acordo com o listado abaixo:



Cabo Solar 6mm até 1800 V CC Preto ABNT NBR 16612



Cabo Solar 6mm até 1800 V CC Vermelho ABNT NBR 16612



Conectores Fêmea/ Macho (WEID CABUR TE

MC4 ou compatível)

5.6.1.6.

Placa de sinalização

Obedecendo as normas técnicas VR01.01

-

00.12

—

O
arquivo do software PVsyst com a simulação de geração de energia encontra
-
se
no

anexo

D
, ao final d
o projeto.

6.1.

Laudo estrutural

*O laudo estrutural, que atesta a viabilidade de
instalação do sistema fotovoltaico na*

unidade consumidora
,

é apresentado
no
A
nexo

E
, ao final d
este documento.

*O telhado conta com estrutura metálica, e está prevista a instalação
de*
62

módulos de

*energia solar com dimensões de (2285x1134x35) mm, pesando 31,60 kg cada um que, em
conjunto com suas estruturas auxiliares, gerará um carregamento adicional em torno de 14
kgf/m². A carga estática do vento é de 70kgf/m² e o peso das telhas é de
20kgf/m², gerando*

um carregamento total de 120 kgf/m². Neste perfil foi considerado

*Figura
3*

-

Estimativa mensal

8.2.

Avaliação do Histórico de Consumo

O
tempo de funcionamento
das atividades é

de

no máximo

9
h/dia

em ambientes

internos e 12 h/dia em ambientes externos

,
que

abrange tanto o
s horários
de

p
onta

,

como

Fora Ponta

.

A iluminação externa funciona apenas pelo período da noite abrangendo 3h da
ponta.

A média d
e consumo total, considerando a

unidade

consumo médio

Os resultados esperados para o projeto de efficientização da unidade é de:



Energia Economizada Anual
de
63
,
97

MWh
/ano
.



Demanda Economizada Anual de
0,54 kW

Para obtenção desses resultados, foi considerado o horário de funcionamento informado das lâmpadas, assim como a potência, quantidade das mesmas

e as

características do sistema Fotovoltaico de acordo com os intervalos de funcionamento.

9.1.

Iluminação

i.

Abrangência

■■■■

ú

■■■

■■■

■

â

■■■■■

=

■■■■

ú

■■■

■■

■

â

■■■■■

(

■■

■

■■■■

)

/

■■■■■

■■

■■■■■■■

ç

ã

■

(

■■

■

■■■■

/

■■■

)

O serviço começará a ser realizado pela fixação e montagem das estruturas para posterior fixação dos módulos fotovoltaicos. Após essa fase, serão feitas todas as instalações elétricas e comissionamento do sistema. Com a homologação pela concessionária, daremos início a fase de medição, que será feita seguindo as orientações PIMVP (EVO,2012) e PROPEE(ANEEL,2013).

A instalação do sistema solar contará com 62

placas fotovoltaicas de 540

Wp,

somando um total de 33,5

kWp de potência instalada conectada à rede. Considerando o

HSP do local e o rendimento

simulado por software de 0,7

para projetos fotovoltaicos, a

fim

de cobrir as perdas por ineficiência dos equipamentos, calor, sombreamento etc., estima-se

uma geração de aproximadamente 47,27

Devido ao tamanho da área disponível para instalação de módulos fotovoltaicos, foi mapeado apenas a instalação de 62

módulos fotovoltaicos, possibilitando a geração de 47,27

MWh de energia Anual.

Importante salientar que um fator limitante para o sistema escolhido foi também a

limitação orçamentária proposta na chamada, onde o máximo por projeto seria de 200 mil reais.

ii.

Abrangência

O principal critério para avaliação da viabilidade econômica de um projeto do PEE é a relação custo benefício (RCB) que ele proporciona. O benefício considerado é a valoração da energia economizada e da redução da demanda na ponta (no caso da energia fotovoltaica não é considerado) durante a vida útil do projeto para o sistema elétrico. O custo são os aportes feitos para a sua realização (do PEE, do consumidor ou de terceiros).



Iluminação



*Geração com fonte
incentivada (sistema fotovoltaico)*

10.1.

Documentos de referência

São referência para elaboração desta estratégia os seguintes documentos:



Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

—

PROPEE, Módulo 6

—

Projetos

*com Fontes Incentivadas, revisão 01
(ANEEL, 2013).*



Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

—

PROPEE, Módulo 8

—

Medição e Verificação de Resultados, revisão 01 (ANEEL, 2014).



Guia de Medição e Verificação para o Programa de Eficiência Energética Regulado



*Demanda na ponta
: será obtida pela multiplicação da potência pela parcela de tempo
de funcionamento na ponta.*

10.2.2.

Variáveis independentes

Não são identificadas variáveis independentes.

*Como fator estático, é identificado o
tempo de utilização dos
equipamentos de iluminação.*

10.2.3.

Período da Linha de base



*No período da linha de base será medido a potência das luminárias da amostra e o
tempo
de funcionamento do sistema.*

*O período da linha de base será medido após a
aprovação do Diagnóstico Energético
pela
concessionária e consolidado no Plano de
Medição e Verificação, no período de execução do projeto.
As medições serão realizadas
nos ambientes por pelo menos 1 ciclo de funcionamento (no mínimo 7 dias).*

10.2.7.

Amostra

Serão definidas amostras específicas para cada tipo de lâmpada existente e a instalar.

A amostra para medição será realizada aleatoriamente dentro do universo de cada tipo de equipamento, conforme metodologia apresentada no PIMVP. Tendo em vista o uso final, serão considerados:



*In
certeza (e): 10%*



Intervalo de confiança: 95%



Valor padrão para intervalo de confiança (z): 1,96



Coeficiente de variância (cv): 50%

*A estimativa inicial do tamanho da amostra (n_0) pode ser calculada, utilizando -
se a*

equação B

-

16 do PIMVP:

n_0

Tabela
16

-

Amostragem

—

iluminação

.

O tamanho final da amostra poderá ser revisto após realização de parte das medições e tendo sido obtidos resultados satisfatórios para incerteza e intervalo de confiança determinados.

10.2.8.

Período de medição

As medições de potência serão instantâneas e realizadas após estabilização do fluxo

luminoso da lâmpada.

O tempo de funcionamento

de medição será de pelo menos 7 dias,

tendo em vista

adoção da Opção A.

10.2.9.

Equipamentos utilizados na medição



Consumo de energia:

Opção B

—

Medição isolada de todos os parâmetros



RDP:

Opção B

—

Medição isolada de todos os parâmetros

O processo terá a seguinte definição de parâmetros:



Energia:

será medida através do sistema de medição online instalado junto ao inversor.



*Demanda na ponta
: não será considerada.*

Pela natureza da medida, não são consideradas medições para a linha de base.

10.3.2.

Variáveis independentes

As variáveis independentes consideradas são a radiação solar e temperatura, a serem obtidas junto a estação

meteorológica da INMET

Será utilizado o próprio sistema de monitoramento do inversor. Este monitora e registra as grandezas elétricas e a energia gerada, disponibilizando através da internet e uma plataforma online onde reúne os dados.

10.4

Empresa Certificada

*A empresa possui
2 (dois)
)*

*profissionais com certificação CMVP
-
EVO,*

portanto, a

*referida proposta de Medição e Verificação será
executada pela própria Ecosol. O engenheiro*

responsável

*por essa etapa do
projeto possui as certificações e qualificações necessárias
.*

*Segue abaixo, a
Certificação CMVP
-
EVO*

*do Eng. Alexandre Goulart Galvão
,
conforme*

requerido pela comissão julgadora pode ser visto na Imagem abaixo.

Figura
5

-

Certificado
s

CMVP
-

EVO
.

11.

Metas e Benefícios por Uso Final

Tabela
17

-

Metas e Benefícios
.

Além dos benefícios em economia de energia e redução de demanda,
está previsto a

organização de palestras, workshops, distribuição de material informativo (folders/cartilhas) e
treinamentos, garantindo uma eficaz ação educativa, de forma a dar ciência das ações
adotadas pela Concessionária, da importância do projeto de
eficientização, e dos benefícios

tr
azidos pelo consumo consciente.

12.

*Cálculo da
viabilidade econômica do projeto*

12.1

CEE e CED

Os valores utilizados nos cálculos do projeto estão de acordo com a tabela a seguir.

CEE (R\$/MWh)

308,04

CED (R\$/kW)

972,17

*CEE
FV*

(R\$/kW)

720,26

*Tabela
18*

-

*V
valores aplicados para CEE e CED*

.

*Os
valores utilizados para se calcular o valor do CEE do sistema fotovoltaico foram*

*baseados na fatura do mês de
maio
/2022.*

Tabela

19

-

Cálculo da RCB

iluminação

.

Fotovoltaico

Tabela
20

—

Cálculo da RCB
Fotovoltaico
.

RCB
Global
:

O cálculo da
RCB total do projeto, portanto, obedecerá a fórmula abaixo:

■
CB
=
■ ■ ■
/
(
■ ■ ■ ■
+
■ ■ ■ ■
)

Onde:

■

RCB
—

relação custo

discrimina os valores destinados à concessionária de Mão de obra Própria, transporte e

Marketing

É possível

*também,
observar a origem dos recursos.*

*Nesse projeto,
não haverá contrapartida.*

*Tabela
22*

-

*Custo por categoria contábil
.*

13.2

Custos de Materiais e Equipamentos

13.2.1

Iluminação

*Nesse projeto está
prevista a troca de
476*

lâmpadas de tecnologia pouco eficiente para

lâmpadas de tecnologia LED.

*Cálculo de vida útil
conforme item 5.2.1*

13.2.2

Sistema Fotovoltaico

Com o dimensionamento realizado seguindo as exigências do edital desta

CPP,

propomos a instalação de um sistema Fotovoltaico conectado à rede
de

3

3

,
5

kWp

de

potência instalada

. Na tabela abaixo, estão descritos os custos:

Tabela

24

: Relação de equipamentos sistema Fotovoltaico.

13.3

Custos de Mão

de Obra de Terceiros

Os valores de mão de obra estão elencados e detalhados nas tabelas abaixo:

Custo de mão de obra por uso fim:

Iluminação:

*Tabela
26*

-

Custos com Mão de Obra na Instalação da Iluminação
.

Fotovoltaico:

*Tabela
27*

-

Custos de Mão de Obra com Instalação do Sistema Fotovoltaico
.

13.4

Custos de Treinamento e Capacitação

*Os custos de treinamento estão limitados, pelo
edital, em*

3%, estando este limitado a

R\$ 1

Tabela
29

-

Custos treinamento e capacitação

.

13.5

Custos de Descarte de Materiais e Equipamentos

Na
tabela abaixo está especificado o custo do descarte baseando

-

se no menor preço

entre os cotados:

Tabela
30

-

Custos com descarte de lâmpadas

.

10.0

Fotovoltaico

:

Tabela 32

-

Custos de M&V por uso fim

—

Fotovoltaico

.

13.7

Limitadores de custos

A

tabela a seguir comprova que todos os valores propostos estão dentro das margens impostas pelo Edital da CPP:

Tabela 31

-

Custos de M&V por uso fim

—

Iluminação.

Tabela
33

-

Limitadores de projeto

.

13.8

Cronograma Físico

O prazo total para a execução dos serviços, objeto da especificação é de

1

3

meses

,

a

partir da assinatura do contrato. Importante salientar que devido à instalação de um

sistema

fotovoltaico, será necessário a

medição

do sistema no período de 12 meses

após a sua

instalação

.

Figura
6

-

Cronograma físico

.

Figura
7

-

Cronograma financeiro

.

14

Pro
cedimentos de
Descarte

O descarte inadequado das lâmpadas fluorescentes pode implicar em graves impactos ambientais, e representar perigosa ameaça à saúde humana, uma vez que essas são classificadas como Classe I

(perigosas). Assim, é imprescindível que o devido cuidado seja

*dad
o aos procedimentos de coleta, manuseio, transporte e descarte das lâmpadas, de modo a proteger os envolvidos, tal como atender as exigências descritas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), definida pela lei 12.305/2010.*

*De acordo com o PNRS, é p
revista a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida*

dos produtos, isto é: fabricantes, importadores, comerciantes, consumidores e prestadores de serviços tornam

-

se todos, responsáveis pelas condutas e atribuições que tem por

*minimizar o volume de r
esíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como encarregados de*

reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Proposta de Ações de Treinamento e Capacitação

De modo a conscientizar os funcionários

e servidores

da Unidade consumidora, além

da divulgação de material informativo acerca do projeto e palestras, será oferecido curso de treinamento e capacitação. O curso contará com certificado assinado pelo responsável técnico e

contemplará diversos tópicos relacionados à eficiência energética, como:



Ações de efficientização adotadas pela Concessionária e pelo PEE no Brasil;



/ importância do consumo consciente e seguro da energia elétrica no ambiente e em casa;



Sustentabilidade energética;



/ impactos ambientais; benefícios da efficientização;



O instrutor do curso
será o Engenheiro Alexandre Goulart Galvão
, fundador da

Ecosol Energia Solar, com vasta expertise nas áreas de Geração Fotovoltaica, Aquecimento
Solar
e eficiência

energética. Alexandre vem atuando com projetos de E
ficiência Energética

patrocinado
s pelo PE
E desde 2002. Além dele, o instrutor Leonardo Luiz dos Santos Cordeiro

prestará
auxílio nos temas relacionados a
instalações técnicas.

Instrutor responsável
: Alexandre Goulart Galvão

Formação:

Engenheiro Mecânico pela Universidade federal Fluminense

Id. 8
8102835
-
6 Crea RJ

Instrutor
auxiliar
: Mariana Mendes Cavalcante

Formação:

Engenheira Eletricista pela Universidade federal do Ceará

Id. 061966179
-
8 Crea CE

Esses elementos acumulam

-

se ao longo da cadeia alimentar e são extremamente prejudiciais

ao meio ambiente. Além disso, apresentam sério risco à saúde humana, visto a possibilidade

de intoxicar grandes comunidades e causar, por exemplo, graves doenças e disfunções neurológicas.

Vale ressaltar

que

,

*segundo os dados analisados
(Walter Alves Durão Júnior)*

de 2007,

apenas aproximadamente 6% das lâmpadas queimadas no país são submetidas ao controle das indústrias de reciclagem de lâmpadas de Mercúrio. Desse modo, dada a importância do

tema, essa proposta visa não apenas reduzir o risco de toxicidade humana e

do meio

ambiente, mas também garantir que o adequado descarte das 476 lâmpadas

atualmente

*presentes n
o*

colégio

seja realizado. As informações detalhadas sobre a proposta de descarte

podem ser encontradas em um tópico específico abaixo.

Dessa forma, a Ecosol Geração, de acordo com a sua expertise, executará os serviços de diagnóstico, instalação, medição e verificação (M&V) e treinamento, a fim de atender aos seguintes objetivos relativos à Relação Custo Benefício e aos custos contábeis:

Tabela
34

—

Conclusão

19

R
responsável pela proposta

Responsável pela proposta

Responsável

Alexandre Goulart Galvão

Título do

responsável

Engenheiro Mecânico

CREA

88102835

-

6

Telefone

(21) 2609

-

5007 /

(21)

97041

-

7997

E

-

mail

engenharia@ecosolenergiasolar.com.br

20

Figuras

-

Apêndice

(Figura

A1

-

Localização

Bibliografia

*Ministério da Ciência e Tecnologia. (s.d.).
Fator Médio Anual Brasileiro de emissões
. Acesso*

em 16 de Fevereiro de 2017, disponível em Ministéria da Ciência e Tecnologia:

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>

*Walter Alves Durão Júnior, C. W. (s.d.).
A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes.*

Acesso em 21 de Fevereiro de 2017, disponível em Química Nova na Escola:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/04>

-

QS

-

4006.pdf