

ProBio 1.0



**Programa de estimativa de produção de
biogás em reatores UASB**

MANUAL DO USUÁRIO



Versão 1.0

2015

MANUAL DO USUÁRIO





ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

O ProBio 1.0 é um programa computacional para estimativa da produção de biogás em reatores UASB, sendo seu uso livre e seus direitos reservados a equipe técnica de desenvolvimento. O programa foi desenvolvido por meio de uma parceria técnica e científica entre a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Os elaboradores do programa não se responsabilizam sobre seu uso.

Versão do programa: 1.0

Ano: 2015

Sistema operacional: Windows®

SUMÁRIO

1. Instalação.....	5
2. Lógica do programa.....	5
3. Tela inicial do programa.....	6
4. Tela de Análise rápida.....	8
5. Tela de Análise detalhada.....	10
6. Tela de Resultados da Análise detalhada.....	12

1. INSTALAÇÃO

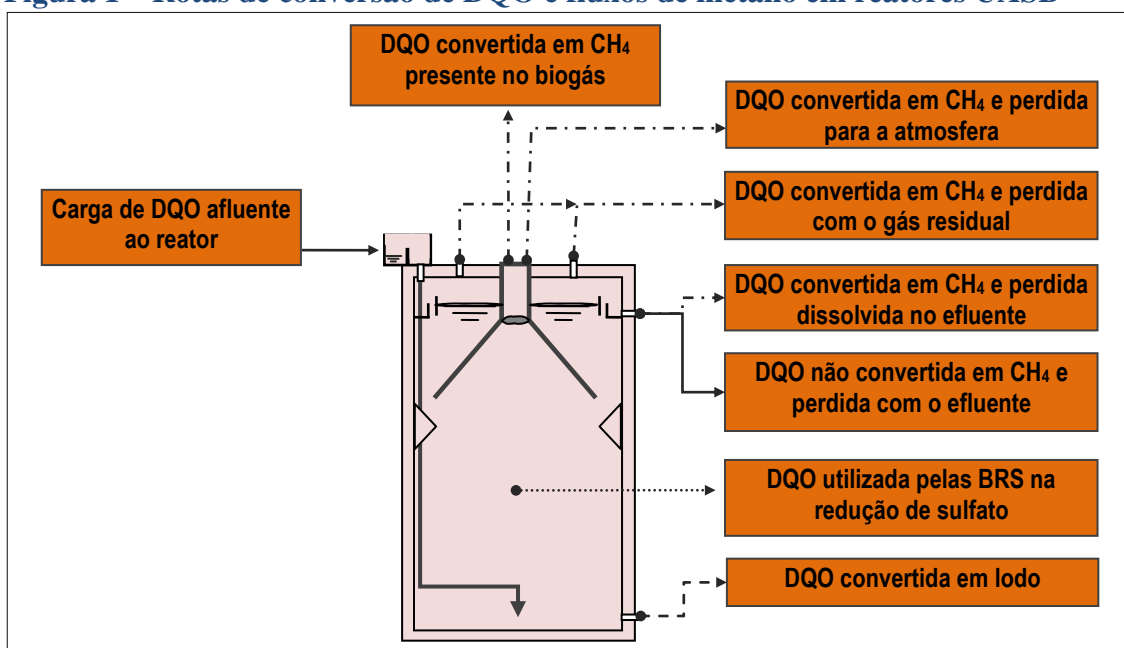
O ProBio versão 1.0 é um programa computacional executável, dispensando, dessa maneira, sua instalação no computador. Ao ser realizado seu *download*, o usuário poderá ter acesso também ao presente manual em formato digital, bem como uma breve fundamentação teórica sobre a produção de biogás em reatores UASB tratando esgotos domésticos. A leitura do presente manual é recomendada antes da utilização do programa.

2. LÓGICA DO PROGRAMA

O ProBio 1.0 é um programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB tratando esgotos domésticos. A lógica do programa foi baseada no modelo matemático de estimativa de produção de biogás em reatores UASB proposto por Lobato 2011.

Conceitualmente, o modelo foi estruturado de acordo com as rotas de conversão de demanda química de oxigênio (DQO) e fluxos de metano (CH_4) em reatores UASB representados na Figura 1.

Figura 1 – Rotas de conversão de DQO e fluxos de metano em reatores UASB

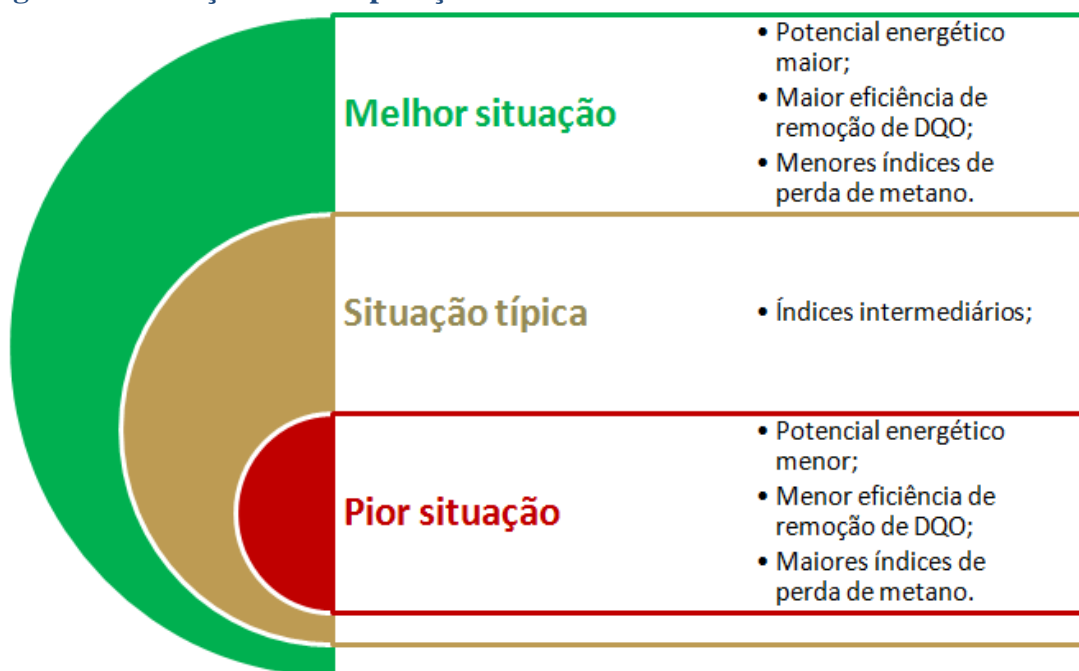


O modelo matemático foi desenvolvido considerando três situações/cenários que acarretam em potenciais de recuperação de CH_4 diferentes (Figura 2): (i) pior situação;

(ii) situação típica e (iii) melhor situação. A pior situação, onde o potencial energético é menor, refere-se a sistemas operando com esgoto mais diluído, concentrações de sulfato (SO_4) maiores, menor eficiência de remoção de DQO e maiores índices de perda de CH_4 . A melhor situação, onde o potencial energético é maior, refere-se a sistemas operando com esgoto mais concentrado, menores concentrações de SO_4 , maior eficiência de remoção de DQO e menores índices de perda de CH_4 . Para a situação típica são utilizados índices intermediários para os parâmetros descritos anteriormente.

Para um melhor entendimento do modelo matemático utilizado pelo ProBio 1.0, é recomendado ao usuário a realização da leitura da Fundamentação Teórica anexada junto ao programa.

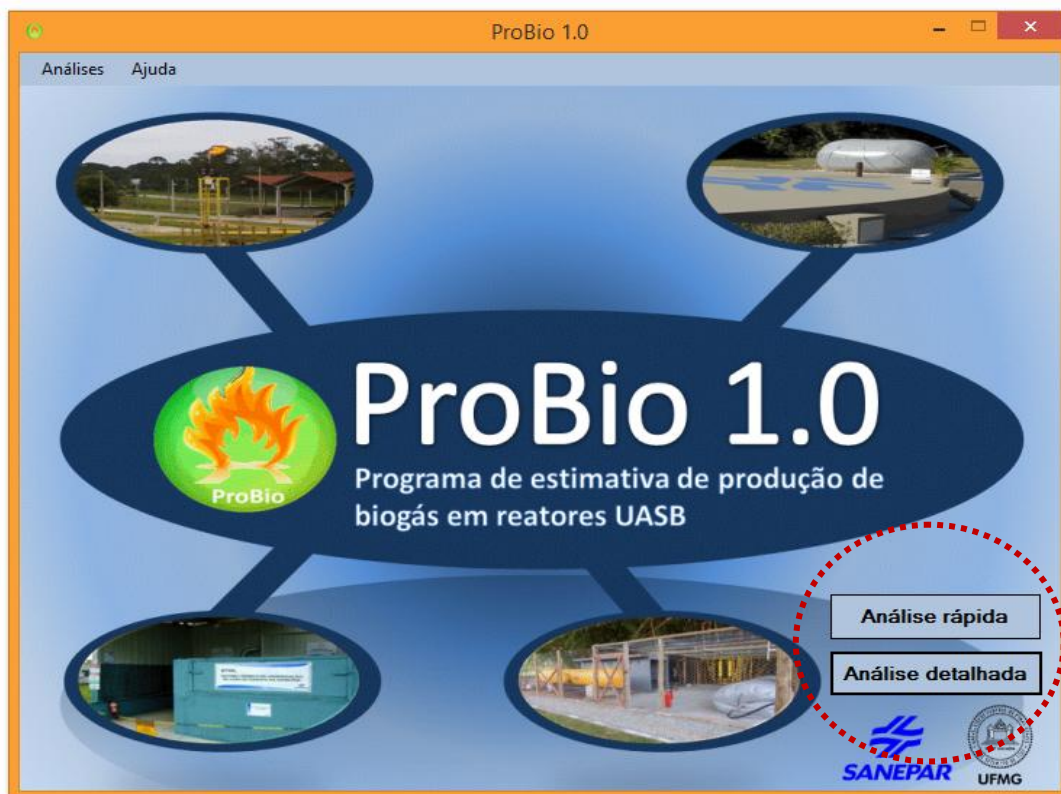
Figura 2 – Situações de recuperação de metano utilizados no modelo matemático



3. TELA INICIAL DO PROGRAMA

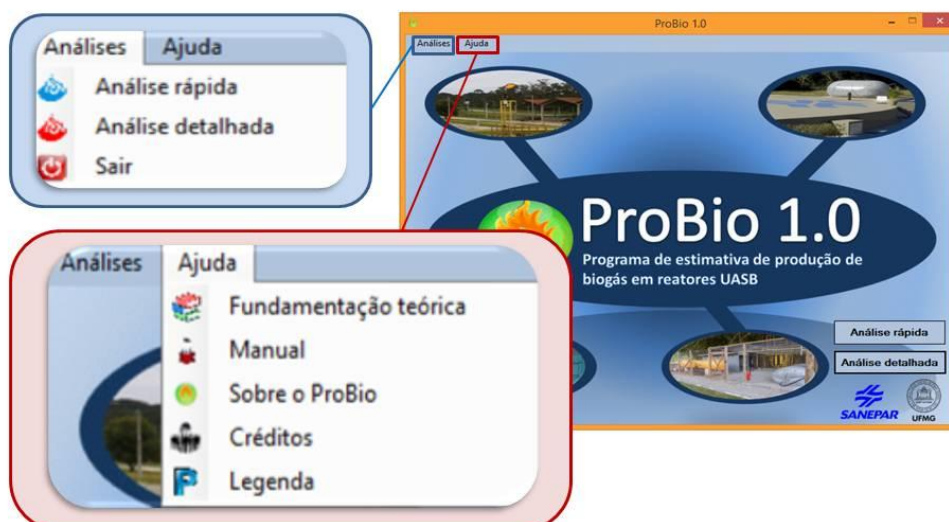
A tela inicial do ProBio 1.0 (Figura 3) é composta por dois botões. O primeiro botão é o de “**Análise rápida**” de estimativa de produção de biogás. Já o segundo botão é o de “**Análise detalhada**”. Embora os dois botões forneçam as estimativas de produção de biogás, estes diferem entre si na quantidade de parâmetros analisados pelo programa e nos dados de entrada a serem inseridos pelo usuário.

Figura 3 – Tela inicial do ProBio 1.0: botões de análises



Além dos botões já mencionados, a tela inicial do ProBio 1.0 possui duas abas no canto superior esquerdo (Figura 4). A primeira aba é a de “Análises” e serve como um modo alternativo para que o usuário realize as estimativas de produção de biogás por meio das análises “rápida” ou “detalhada”, conforme descritas anteriormente. Adicionalmente, o usuário poderá também escolher encerrar o programa na opção “Sair”. Já a segunda aba, denominada “Ajuda”, permitirá ao usuário abrir as seguintes telas do programa: “Fundamentação teórica”, “Manual”, “Sobre o ProBio”, “Créditos” e “Legenda”.

Figura 4 – Tela inicial do ProBio 1.0: aba “Análises” e “Ajuda”



4. TELA DE ANÁLISE RÁPIDA

A tela de “Análise rápida” oferece ao usuário uma estimativa menos detalhada da produção de biogás em reatores UASB. Para tanto, o usuário deverá apenas colocar como dado de entrada a “População” contribuinte ou a “Vazão afluyente” ao reator. Adicionalmente, o usuário deverá escolher com que situação/cenário deseja realizar as estimativas (Figura 5).

Figura 5 – Tela de Análise rápida

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada:

☒ População hab

☐ Vazão afluyente m³/dia

Cenário de estimativa

Pior ☐ Típico ☒ Melhor ☐

Calcular **Refazer**

Resultados:

Produção normalizada de biogás ($Q_{N-Biogás}$) Nm³/dia

Produção normalizada de CH₄ ($Q_{N-REAL-CH_4}$) Nm³/dia

Taxa de emissão de CH₄ (CO₂equiv) ton/ano

Energia química disponível ($PE_{REAL-CH_4}$) kWh/dia

Voltar

Retorna para a tela inicial do ProBio 1.0.

O botão calcular realiza as estimativas de produção normalizada de biogás, de metano, da taxa de emissão de metano e da energia química disponível no biogás.

Apaga todos os valores de entrada e gerados pelo programa.

Inserido os dados de entrada, o usuário deverá clicar no botão “Calcular” para visualização dos resultados de estimativa. Adicionalmente, um novo botão aparecerá no canto inferior direito da tela (Figura 6), sendo esse responsável pela comparação da produção de biogás estimada com outros combustíveis, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 6 – Botão de comparação da produção de biogás com outros combustíveis (exemplo)

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada:

☒ População hab

☐ Vazão afluyente m³/dia

Cenário de estimativa

Pior ☐ Típico ☒ Melhor ☐

Calcular **Refazer**

Resultados:

Produção normalizada de biogás ($Q_{N-Biogás}$)	68	Nm³/dia
Produção normalizada de CH ₄ ($Q_{N-REAL-CH_4}$)	51	Nm³/dia
Taxa de emissão de CH ₄ (CO ₂ equiv)	335	ton/ano
Energia química disponível (P _{REAL-CH₄})	510	kWh/dia

Voltar

Comparação com outros combustíveis

Abre a tela de comparação entre a produção de biogás estimada com outros combustíveis.

Figura 7 – Tela de comparação da produção de biogás com outros combustíveis (exemplo)

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Comparação com outros combustíveis:

A produção de biogás estimada equivale aproximadamente a:

	31	L/dia de Gasolina
	40	L/dia de Etanol
	30	L/dia de Querosene
	28	L/dia de Óleo Diesel
	79	kg/dia de Lenha
	36	m³/dia de Gás Natural

Voltar

Retorna para a tela de análise rápida.

5. TELA DE ANÁLISE DETALHADA

Na tela de “Análise detalhada” (Figura 8) o usuário encontrará um ambiente com um maior nível de detalhamento para a estimativa da produção de biogás em reatores UASB. Nela, o usuário deverá escolher com qual dado de entrada irá trabalhar, sendo eles: “População” (Pop) contribuinte e “Contribuição de esgoto por habitante” (QPC) ou “Vazão afluyente” ($Q_{\text{méd}}$) ao reator. Adicionalmente, o usuário deverá inserir, para ambos os casos, o valor de “DQO afluyente” ($C_{\text{DQO-afluyente}}$).

Para facilidade de estimativa pelo usuário, o programa estabeleceu valores pré-determinados (*default*) para os parâmetros QPC (180 L/hab.dia) e $C_{\text{DQO-afluyente}}$ (500 mg/L). Porém, cabe ressaltar, que o modelo matemático utilizado pelo presente programa possui um valor limite mínimo de $C_{\text{DQO-afluyente}}$ de 180 mg/L.

Figura 8 – Tela de “Análise detalhada”

ProBio 1.0

Arquivos Ajuda

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

☒ ☐

População (Pop) hab

Vazão afluyente ($Q_{\text{méd}}$) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) L/hab.dia ☐ default

DQO afluyente ($C_{\text{DQO-afluyente}}$) mg/L ☐ default

Próximo

Abre o grupo de dados de entrada referentes aos cenários de estimativas.

Retorna para a tela inicial do ProBio 1.0.

Voltar

Estabelecidos os dados de entrada, o usuário deverá clicar no botão “Próximo”. Um novo grupo de dados de entrada aparecerá (Figura 9) para que o usuário possa inserir

seus respectivos valores. Entretanto, para uma maior facilidade de estimativa, o programa estabeleceu para este novo conjunto de dados uma série de valores *default*, sendo eles dependentes do cenário de estimativa a ser escolhido pelo usuário.

Figura 9 – Tela de “Análise detalhada”: adicionar cenário de estimativa (exemplo)

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Dados de entrada

☒ População (Pop) 5000 hab ☐ Vazão afluente (Q_{med}) m³/dia

Contribuição de esgoto por habitante (QPC) 180 L/hab.dia ☒ default

DQO afluente ($C_{DQO-afluente}$) 500 mg/L ☒ default

Alterar

Cenário de estimativa

Constantes e equivalência de unidades

Concentração de SO_4 no afluente (C_{SO_4}) 15 mg/L

Eficiência de remoção de DQO (E_{DQO}) 65 %

Eficiência redução SO_4 (E_{SO_4}) 75 %

Coef. produção lodo (Y) 0,15 kgSV/kgDQOrem

Coef. produção DQO-lodo ($K_{sólidos}$) 0,213 kgDQO-lodo/kgDQOrem

Temperatura operacional reator (T) 25 °C

Fator de supersaturação de CH_4 na fase líquida (Fs) 1,35

Perda de CH_4 na fase gasosa com o gás residual (p_w) 5 %

Outras perdas de CH_4 na fase gasosa (p_o) 5 %

Valores default de acordo com a situação de estimativa:

	Pior	Típica	Melhor
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Desfazer

Voltar **Salvar** **Próximo**

Desfaz os valores dos dados do cenário de estimativa.

Salva os dados de entrada e os valores estabelecidos para o cenário de estimativa escolhido.

Abre a tela de constantes e equivalências de unidades utilizadas pelo programa.

Abre a tela de resultados da estimativa realizada.

Altera os dados de entrada a qualquer momento.

O usuário poderá também alterar as constantes e equivalências de unidades conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Constantes e equivalências de unidades

Constantes e equivalências

ProBio 1.0
Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Constantes e equivalências

Constante universal dos gases ideais (R)	0.08206	atm.L/mol.K	<input checked="" type="checkbox"/> Default
DQO CH ₄ (K _{DQO})	64	gDQO/mol	<input checked="" type="checkbox"/> Default
DQO utilizada na redução do SO ₄ (K _{DQO-SO₄})	0.667	gDQO/gSO ₄	<input checked="" type="checkbox"/> Default
Poder calorífico do CH ₄ (E _{CH₄})	9.9	kWh/Nm³	<input checked="" type="checkbox"/> Default

Voltar

Retorna para a tela de análise detalhada.

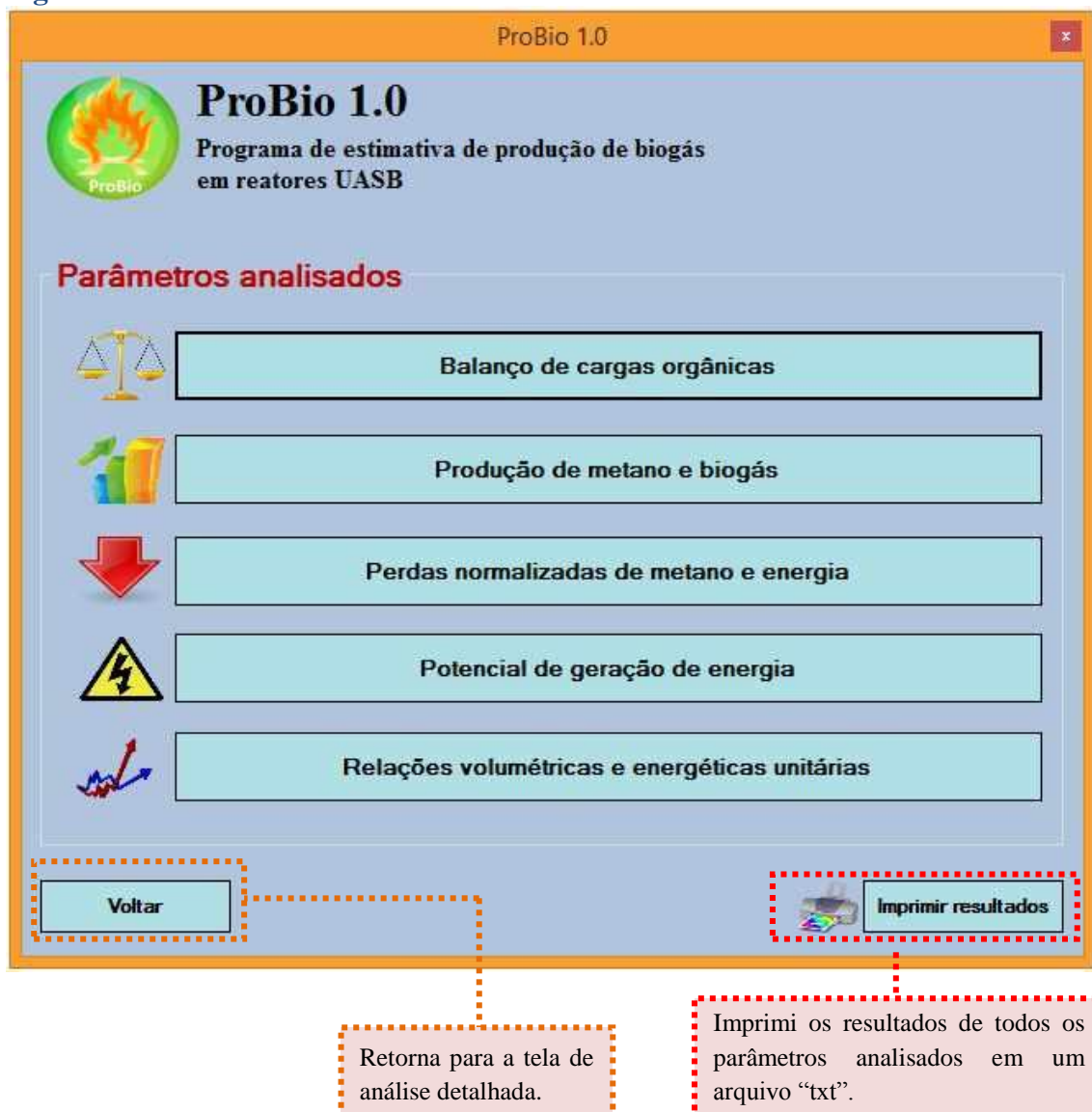
Ainda na tela de “Análise detalhada”, o usuário poderá salvar os dados de entrada inseridos no programa. Para tanto, basta que o usuário clique no botão “Salvar” localizado logo abaixo dos dados de entrada. O programa permite o armazenamento de dados no computador em formato “txt”.

A partir dos dados de entrada salvos, o usuário poderá a qualquer momento inserir estes no programa. Para tanto, basta que o usuário vá até a aba “Arquivos” → “Abrir projeto”. Além disso, o usuário poderá reiniciar uma nova estimativa indo até a aba “Arquivos” e clicando em “Novo projeto”.

6. TELA DE RESULTADOS DA ANÁLISE DETALHADA

Determinado os dados de entrada na tela de “Análise detalhada”, o usuário deverá clicar no botão “Próximo”, conforme representado anteriormente na Figura 9. Assim, a tela de “Resultados” se abrirá e permitirá ao usuário a visualização dos parâmetros analisados (Figura 11).

Figura 11 – Tela de resultados da “Análise detalhada”



- a) **Balanço de cargas orgânicas:** a tela de “Balanço de cargas orgânicas” apresenta o balanço de massa de DQO dentro do reator UASB (Figura 12). Além disso, é possível visualizar dois gráficos do balanço realizado bem como uma representação esquemática de toda DQO que entra, sai e se acumula no reator.

Figura 12 – Tela de “Balanco de cargas orgânicas” (exemplo)

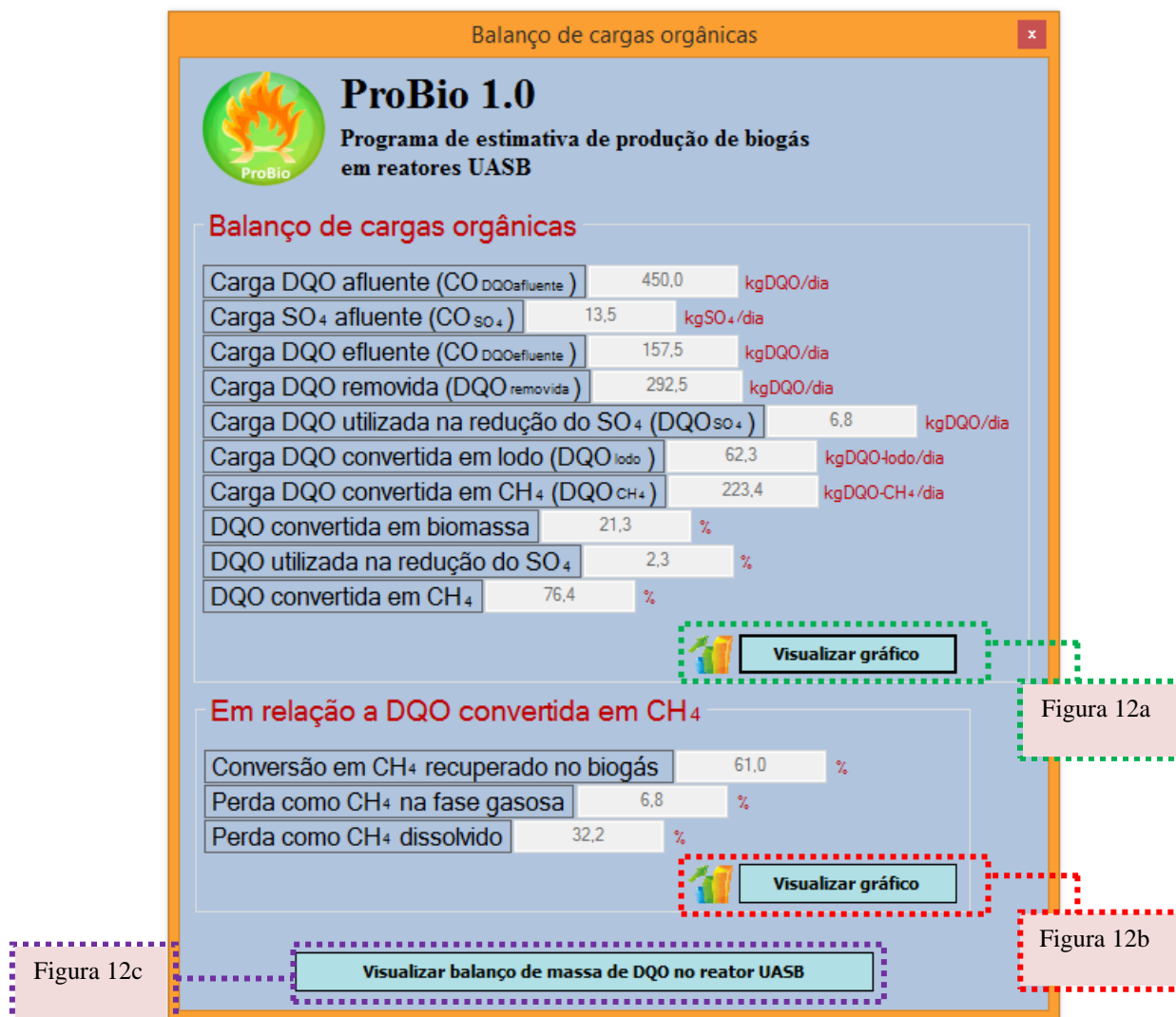


Figura 12a – Gráfico da porcentagem de DQO convertida em biomassa, em CH_4 e utilizada na redução do SO_4 (exemplo)

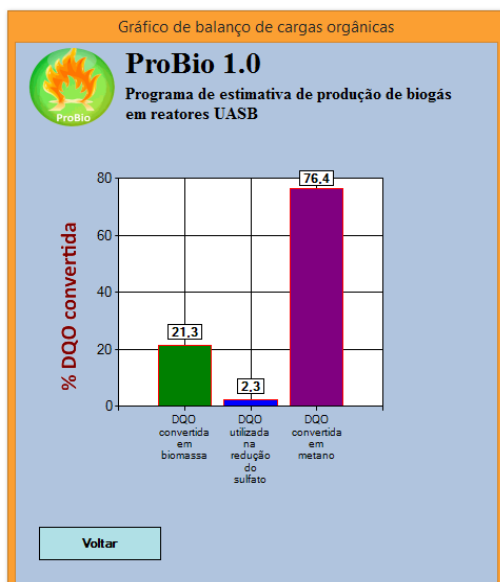


Figura 12b – Gráfico da porcentagem de DQO convertida em CH_4 : presente no biogás, perdida junto ao efluente e perdida na fase gasosa (exemplo)

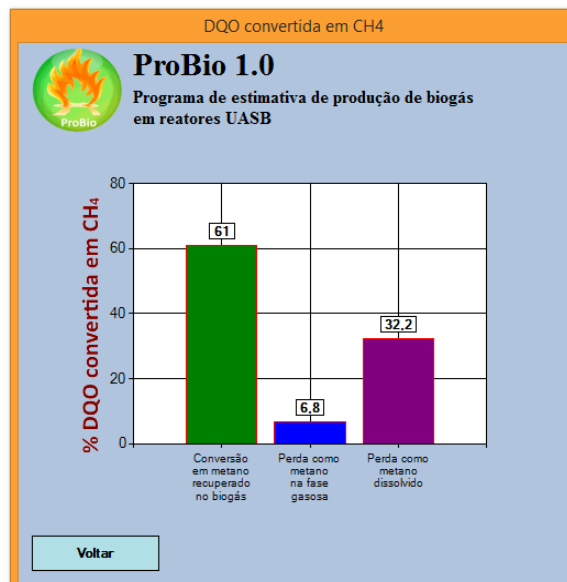
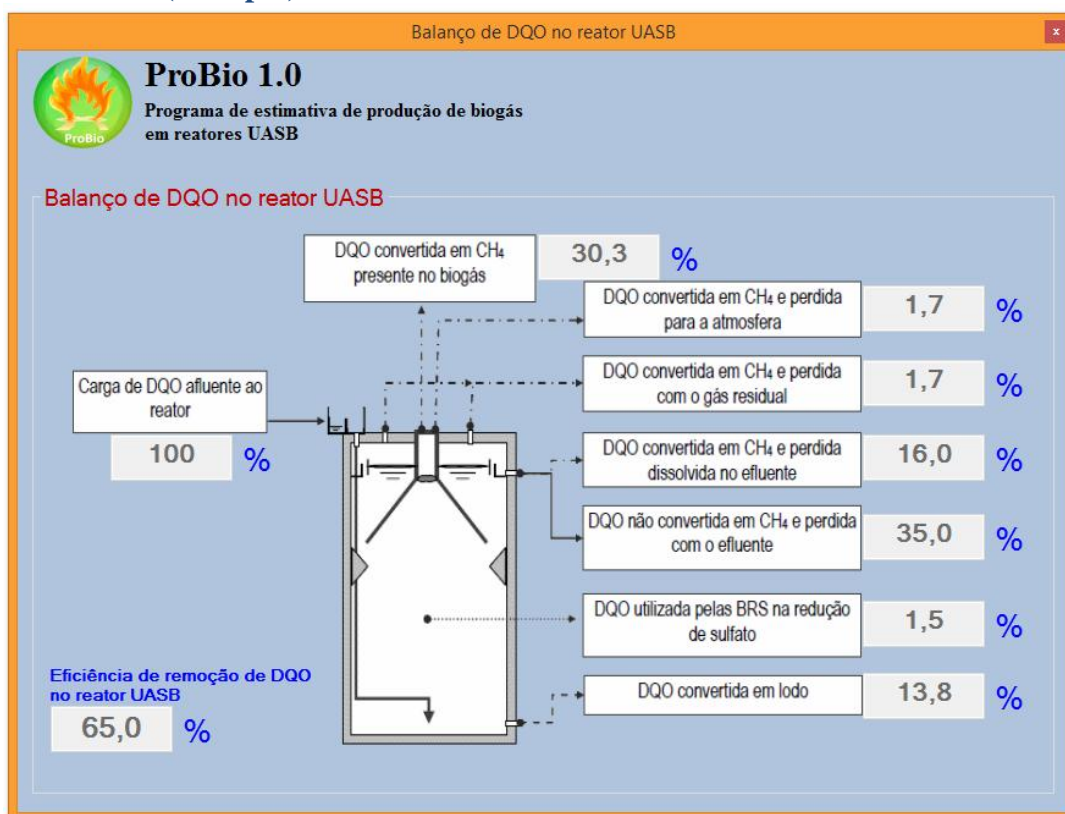
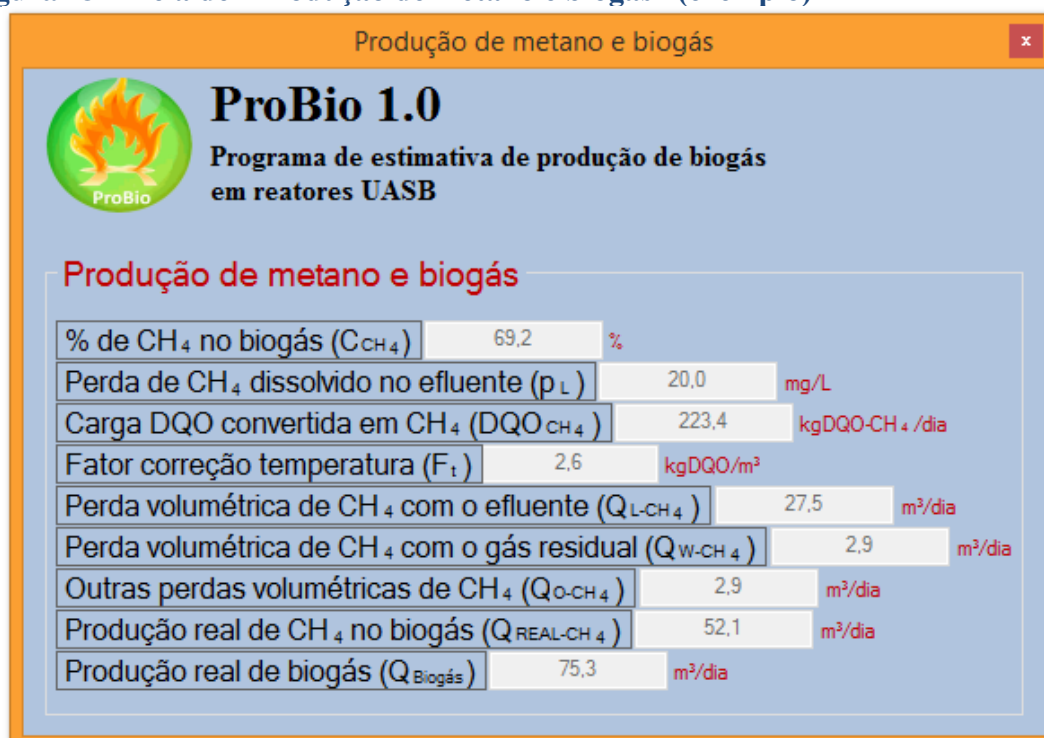


Figura 12c – Representação esquemática do balanço de massa de DQO em um reator UASB (exemplo)



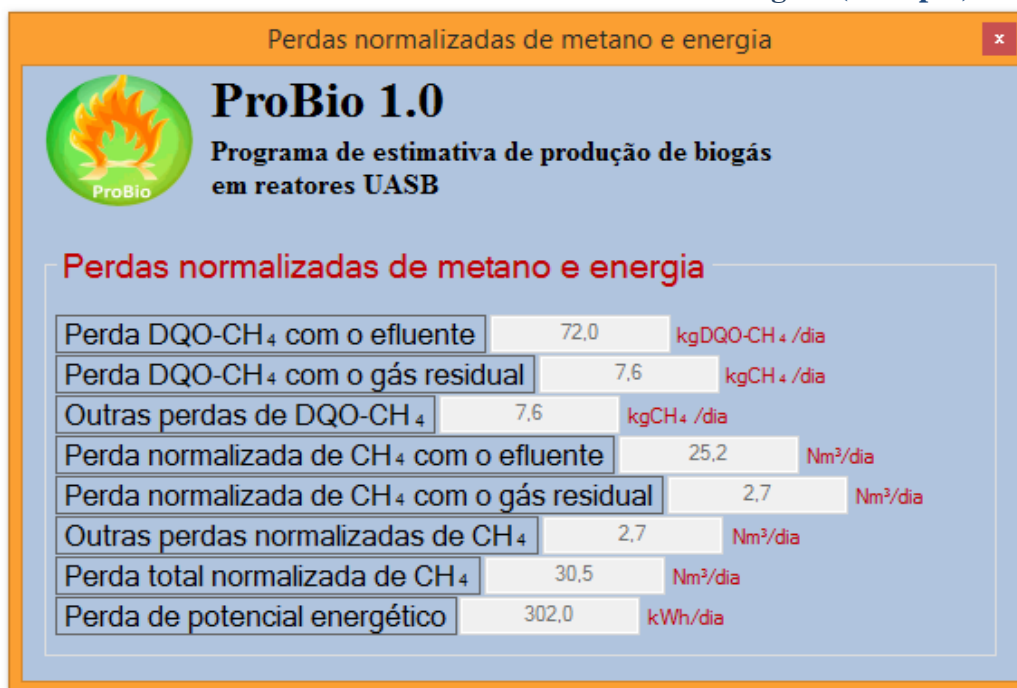
b) Produção de metano e biogás: a tela de “Produção de metano e biogás” apresenta os valores estimados da porcentagem de metano presente no biogás e a produção esperada de biogás no reator UASB (Figura 13).

Figura 13 – Tela de “Produção de metano e biogás” (exemplo)



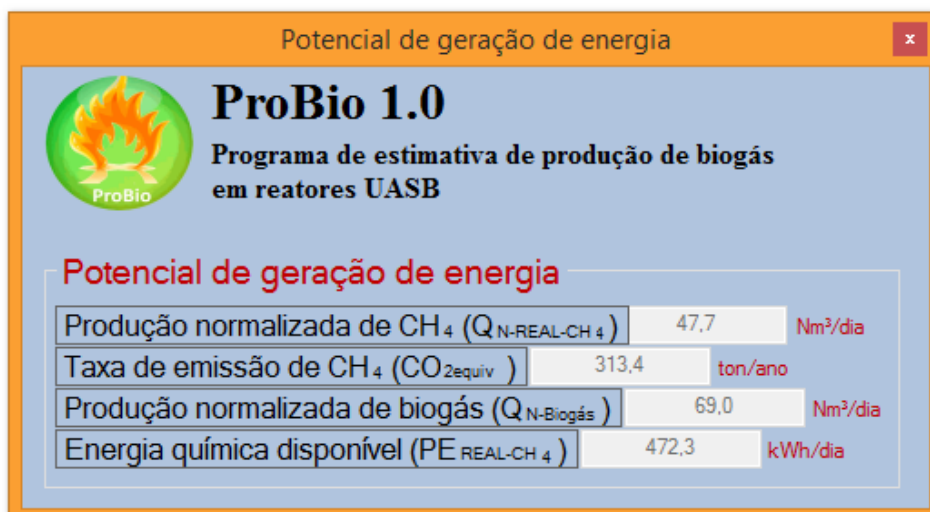
- c) **Perdas normalizadas de metano e energia:** a tela de “Perdas normalizadas de metano e energia” apresenta os valores estimados para as perdas de metano junto ao efluente tratado, para o gás residual e entre outras perdas. Além disso, a presente tela estima o potencial energético perdido junto ao reator UASB (Figura 14).

Figura 14 – Tela de “Perdas normalizadas de metano e energia” (exemplo)



- d) **Potencial de geração de energia:** a tela de “Potencial de geração de energia” apresenta as estimativas das produções normalizadas de metano e biogás. Adicionalmente, é possível visualizar a taxa de emissão de metano para a atmosfera e a energia química disponível junto ao biogás (Figura 15).

Figura 15 – Tela de “Potencial de geração de energia” (exemplo)



- e) **Relações volumétricas e energéticas unitárias:** a tela de “Relações volumétricas e energéticas unitárias” apresenta as relações unitárias estimadas para o volume de metano e de biogás produzidos per capita, por vazão de esgoto e por DQO removida. Além disso, o programa também apresenta as relações energéticas unitárias, sendo elas: por volume de esgoto tratado, por massa de DQO removida, por volume de biogás produzido e por per capita tratado (Figura 16).

Figura 16 – Tela de “Relações volumétricas e energéticas unitárias” (exemplo)

The screenshot shows the 'ProBio 1.0' software interface, titled 'Relações unitárias'. It features a logo with a flame and the text 'ProBio'. Below the title, it says 'Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB'. The interface is divided into two main sections: 'Relações volumétricas unitárias' and 'Relações energéticas unitárias'. Each section contains a table of input/output values and their corresponding units.

Relações volumétricas unitárias		
Volume de CH ₄ per capita	9,54	NL/hab.dia
Volume de CH ₄ por vazão de esgoto	0,05	Nm ³ /m ³ esgoto tratado
Volume de CH ₄ por DQO removida	0,16	Nm ³ /kgDQO removida
Volume de biogás per capita	13,79	NL/hab.dia
Volume de biogás por vazão de esgoto	0,08	Nm ³ /m ³ esgoto tratado
Volume de biogás por DQO removida	0,24	Nm ³ /kgDQO removida

Relações energéticas unitárias		
Energia produzida por volume de esgoto tratado	0,52	kWh/m ³ esgoto tratado
Energia produzida por massa de DQO removida	1,61	kWh/kgDQO removida
Energia por volume de biogás produzido	6,85	kWh/m ³ biogás
Energia produzida per capita tratado	0,09	kWh/hab.dia



ProBio 1.0

Programa de estimativa de produção de biogás em reatores UASB

Contatos (e-mail):

Gustavo Rafael Collere Possetti – Sanepar (gustavorcp@sanepar.com.br)

Carlos Augusto Lemos Chernicharo – UFMG (calemos@desa.ufmg.br)