

7 Apresentação dos dados eudiométricos

O presente capítulo apresenta os resultados de produção de biogás a partir de ensaios de laboratório com os resíduos dos poços de perfuração retirados do AMJG. Esses resultados permitem a obtenção de parâmetros do potencial bioquímico de metano e do comportamento cinético de degradação desse local.

7.1 Ensaio GB₂₁

Os resultados de produção de biogás serão apresentados por furo de sondagem. Dentro de cada furo, os resultados estão dispostos a partir do material de menor para o de maior profundidade. Isso permitirá a avaliação do perfil em relação ao potencial bioquímico de metano.

7.1.1 Furo 128C

a) profundidade 5 metros

Os dados da característica química da solução para o início do ensaio estão apresentados na Tabela 7-1.

Tabela 7-1 – Dados de entrada do ensaio do furo 128C – 5 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,030 g	50,010 g	50,009 g
pH do lodo	6,91	6,91	6,91
pH água de torneira	5,88	5,88	5,88
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	6,80	6,81	6,81

Tanto o pH do lodo quanto da mistura (solução) apresentaram característica de um meio neutro.

O Gráfico 7-1 apresenta o volume máximo de produção de biogás tanto para as três repetições como para o lodo, além de apresentar o valor médio e a correção desse valor médio com o “branco” (lodo). Os resultados estão normalizados para

as CNTP, onde no eixo x corresponde ao tempo de duração do ensaio, em dias, e no eixo y ao volume de gás produzido e acumulado, em NL.

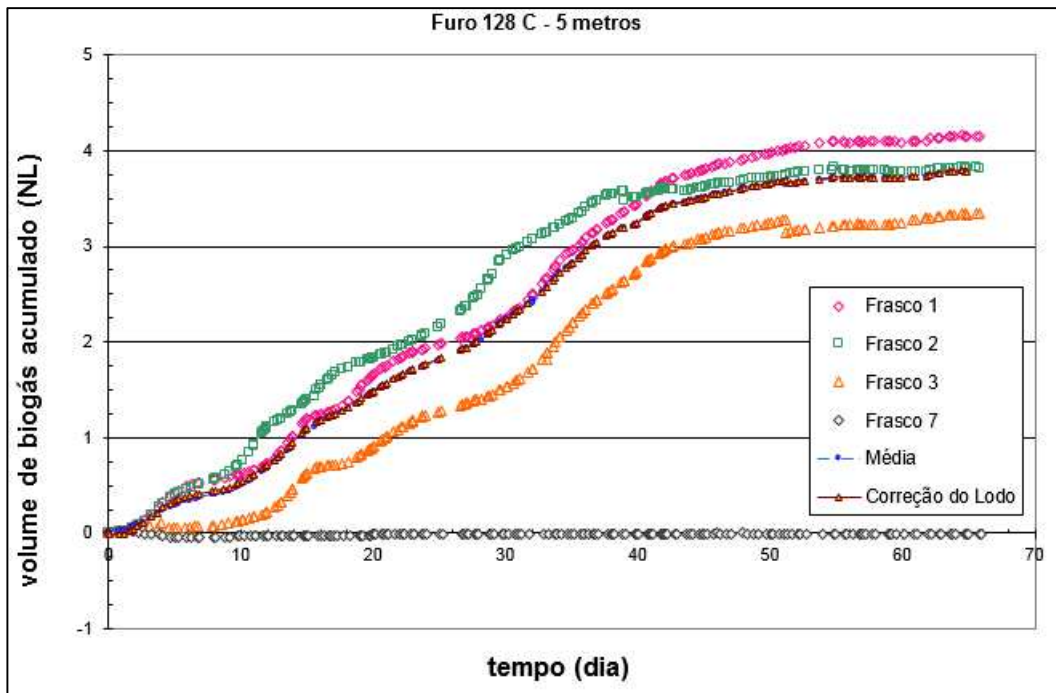


Gráfico 7-1 – Volume de biogás acumulado - furo 128C – 5 m.

A média dos volumes de biogás produzido é de 4257 mL ou pela conversão para as CNTP o volume é de 3715 NmL (ou 3,7 NL). Corrigindo o volume em relação ao volume gerado pelo lodo (“branco”) o volume de biogás passa a ser de 3724,8 NmL (ou 3,7 NL).

O tempo de estabilização da produção de biogás ultrapassou 21 dias, este sendo o tempo previsto pelo procedimento adotado. Portanto, a fim de obter a fase de estabilização da geração de gás, foi postergado o término do ensaio até que pudesse ser atingida tal etapa. O início desta fase é visualizado a partir do 45º dia. Contudo, como neste momento a tendência ainda não era clara, já que o comportamento apresentou-se com diversos platôs em diversos instantes, a duração do ensaio foi maior.

Para as três repetições, pode-se observar a variação da produção de gás, podendo ser decorrente da enorme heterogeneidade da amostra, que mesmo após a redução do tamanho das partículas ainda se faz presente, principalmente para a quantidade de massa utilizada no ensaio. Para as amostra do frasco 1 e 2 tem-se

uma variação menor, onde a diferença máxima de volume é de 750 mL. O frasco 3 apresentou uma diferença em relação ao frasco 1 de aproximadamente 1 L.

Outra forma de apresentação dos dados é do acúmulo de volume de gás em relação ao teor de sólidos voláteis (Gráfico 7-2). Desta forma, é apresentada a relação entre a quantidade de biogás gerado a partir de um determinado conteúdo de sólidos voláteis, está vinculado à quantidade massa que pode ser perdida por sua volatilização.

O Gráfico 7-2 apresenta o volume acumulado de gás em relação ao teor de sólidos voláteis ($V_0/\text{kg SV}$), sendo utilizada a média das repetições.

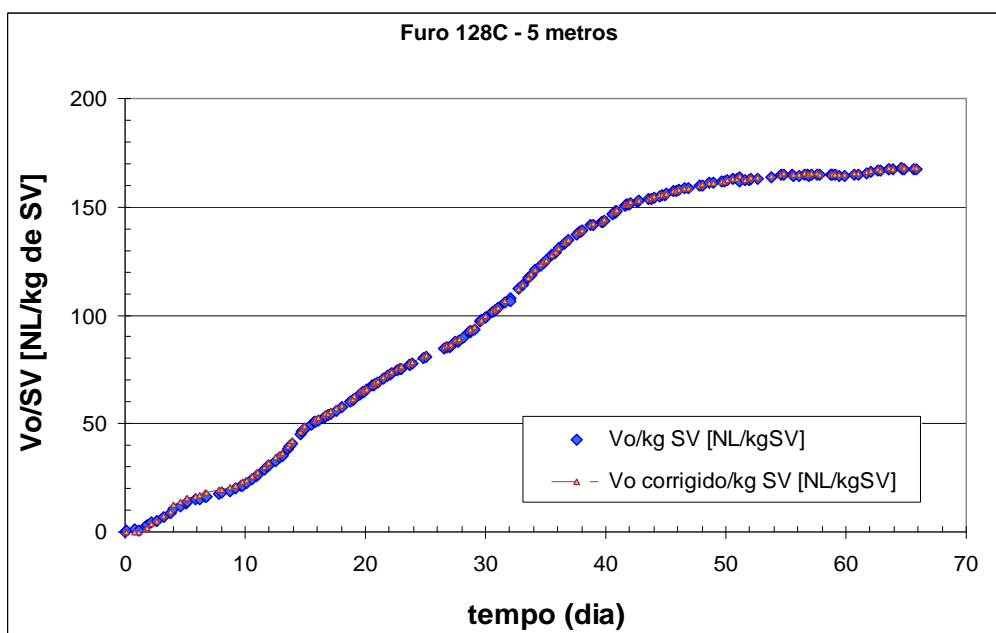


Gráfico 7-2 – $V_0/\text{kg SV}$ - furo 128C – 5 m.

O volume máximo de biogás produzido em relação massa de sólidos voláteis é de 165,6 NL/kgSV para um período de aproximadamente 50 dias.

b) profundidade 10 metros

A Tabela 7-2 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que tanto o pH quanto a quantidade de massa orgânica, para as três repetições, foram iguais.

Tabela 7-2 – Dados de entrada do ensaio do furo 128C – 10 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,031 g	50,001 g	50,019 g
pH do lodo	6,91	6,91	6,91
pH água de torneira	5,88	5,88	5,88
pHsolução(água+lodo+f.org.RSU)	7,52	7,59	7,57

O Gráfico 7-3 apresenta o volume máximo de produção de biogás tanto para as três repetições como para o lodo, além de apresentar o valor médio e a correção desse valor médio com o “branco” (lodo).

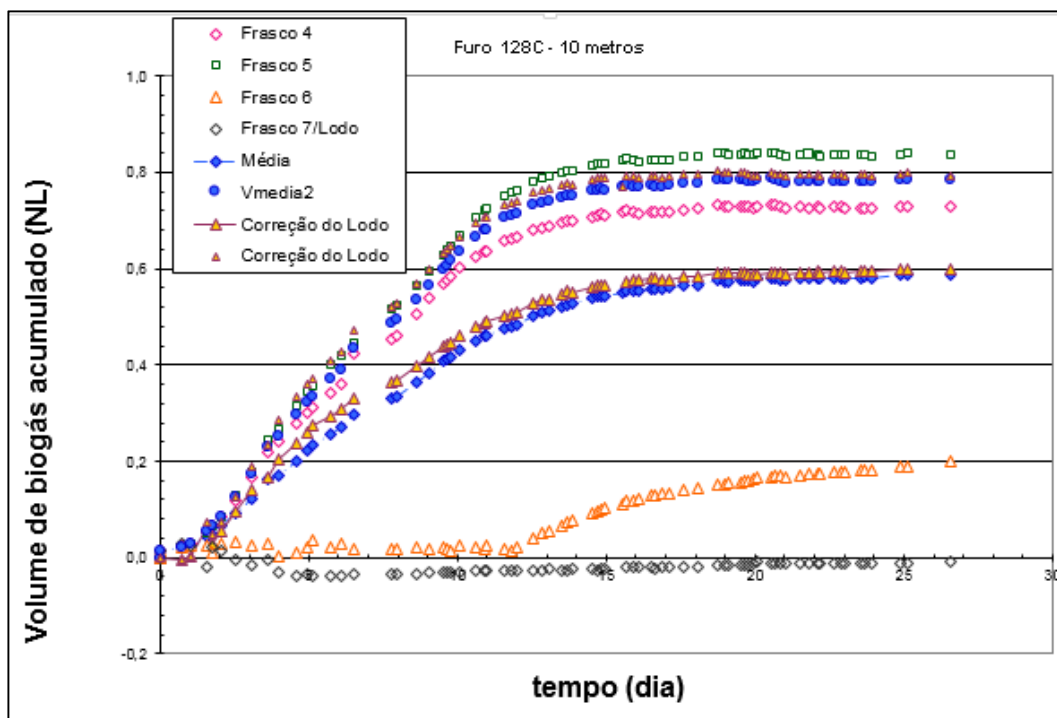


Gráfico 7-3 – Volume de biogás acumulado - furo 128C – 10 m

O volume máximo de gás “bruto” gerado num tempo de 21 dias foi 817 mL. Na conversão para as CNTP, o valor do volume médio foi de 0,57 NL.

Das três repetições, uma delas apresentou um comportamento distinto em relação às outras. Assim, desconsiderando a repetição do frasco 6, a média para apenas duas repetições resultou num valor de 0,78 NL.

O Gráfico 7-4 apresenta o volume acumulado de gás em relação ao teor de sólidos voláteis, sendo utilizada a média com apenas duas repetições.

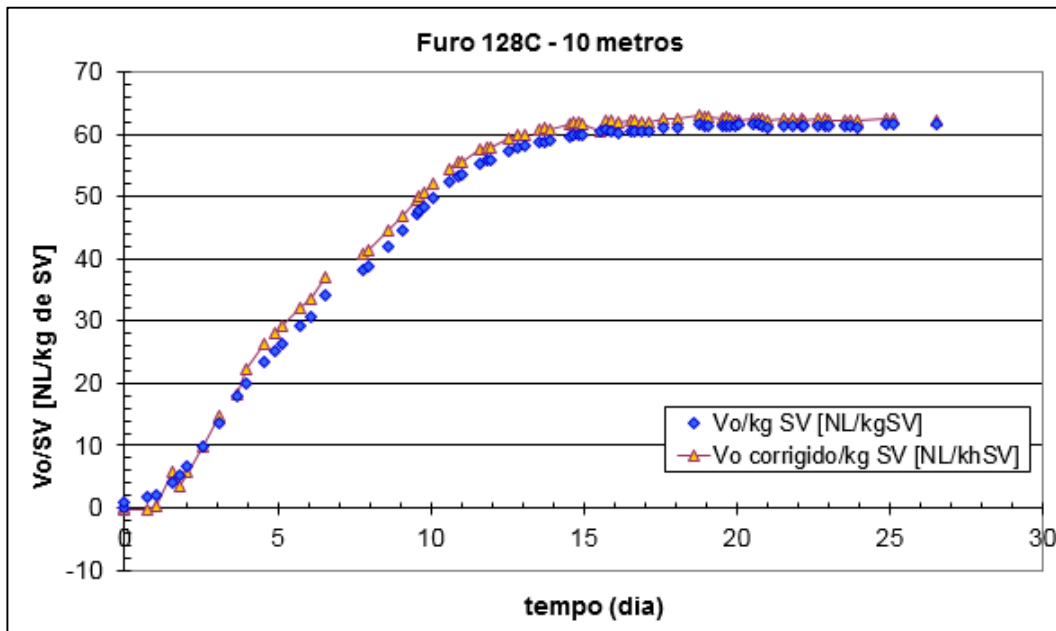


Gráfico 7-4 – V_0 /kg SV - furo 128C – 10 m

O volume máximo de biogás produzido em relação massa de sólidos voláteis é de 62 NL/kgSV para um período superior a 15 dias.

c) profundidade 15 metros

A Tabela 7-3 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições.

Tabela 7-3 – Dados de entrada do ensaio do furo 128C – 15 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,012 g	50,015 g	50,052 g
pH do lodo	6,95	6,95	6,95
pH água de torneira	5,32	5,32	5,32
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	7,52	7,59	7,57

O Gráfico 7-5 apresenta o volume máximo de produção de biogás tanto para as três repetições como para o lodo.

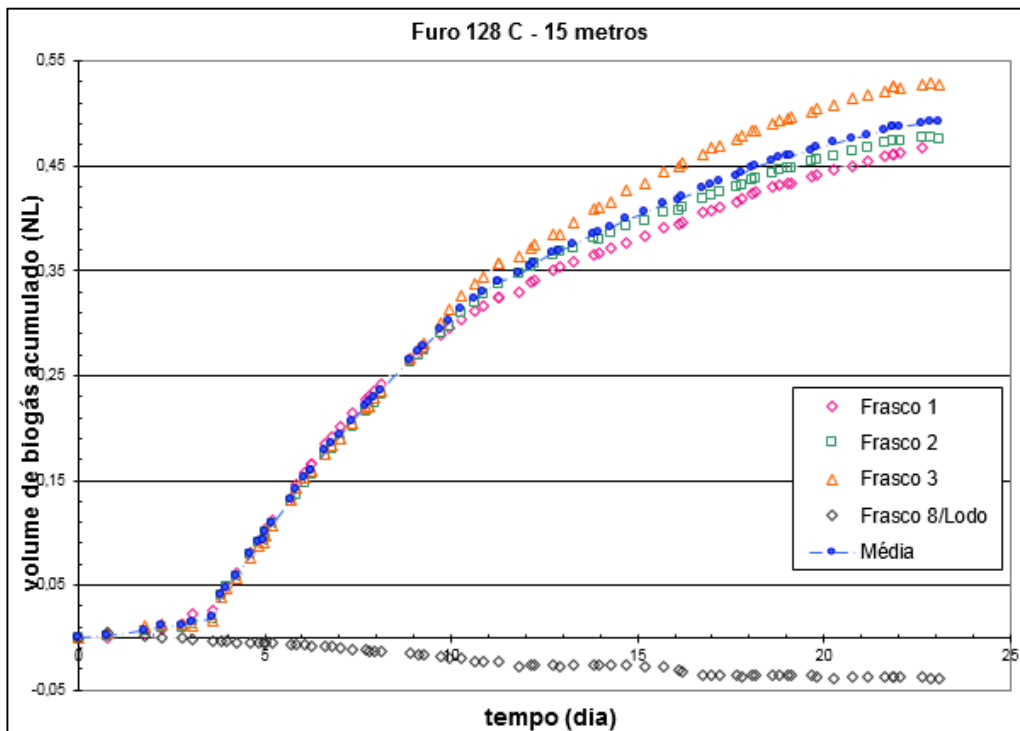


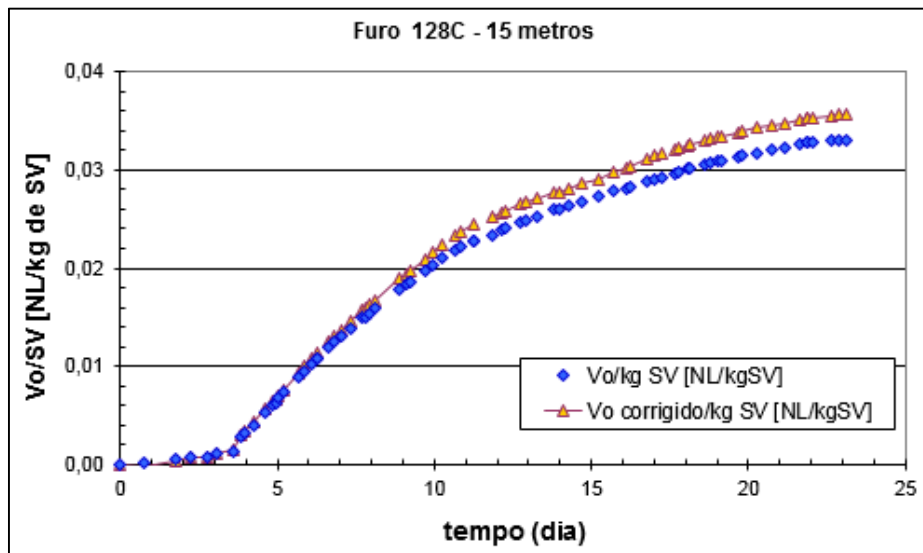
Gráfico 7-5 – Volume de biogás acumulado - furo 128C – 15 m.

O volume máximo de gás “bruto” gerado num tempo de 21 dias foi 549 mL. Na conversão para as CNTP, o valor do volume médio foi de 0,48 NL.

O comportamento apresentados pelas três repetições foi bastante semelhante, havendo uma variação a partir do décimo dia de ensaio para o frasco 3. Esta diferença foi de 0,06 NL em relação ao frasco 2.

Esta profundidade apresentou um intervalo de tempo mais evidente e igual a aproximadamente 4 dias.

O volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis é apresentado no Gráfico 7-6. Neste, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é de 0,036 NL/kgSV.

Gráfico 7-6 – V_0 /kg SV - furo 128C – 15 m

7.1.2 Furo 131

a) profundidade 5 metros

A Tabela 7-4 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Sendo observado que o pH das três repetições são os mesmos, assim como a quantidade de massa orgânica.

Tabela 7-4 – Dados de entrada do ensaio do furo 131 – 5 m

Dados de Entrada	Frasco 4	Frasco 5	Frasco 6
Massa de fração orgânica do RSU	50,015 g	50,015 g	50,018 g
pH do lodo	6,56	6,56	6,56
pH água de torneira	6,15	6,15	6,15
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	7,21	7,03	7,25

O tempo de execução desse ensaio ultrapassou o estabelecido pelo método GB₂₁, sendo necessário estendê-lo até que fosse observada a estabilização da produção de gás.

O Gráfico 7-7 apresenta o volume máximo de produção de biogás tanto para as três repetições como para o lodo, além de apresentar o valor médio e a correção desse valor médio com o “branco”.

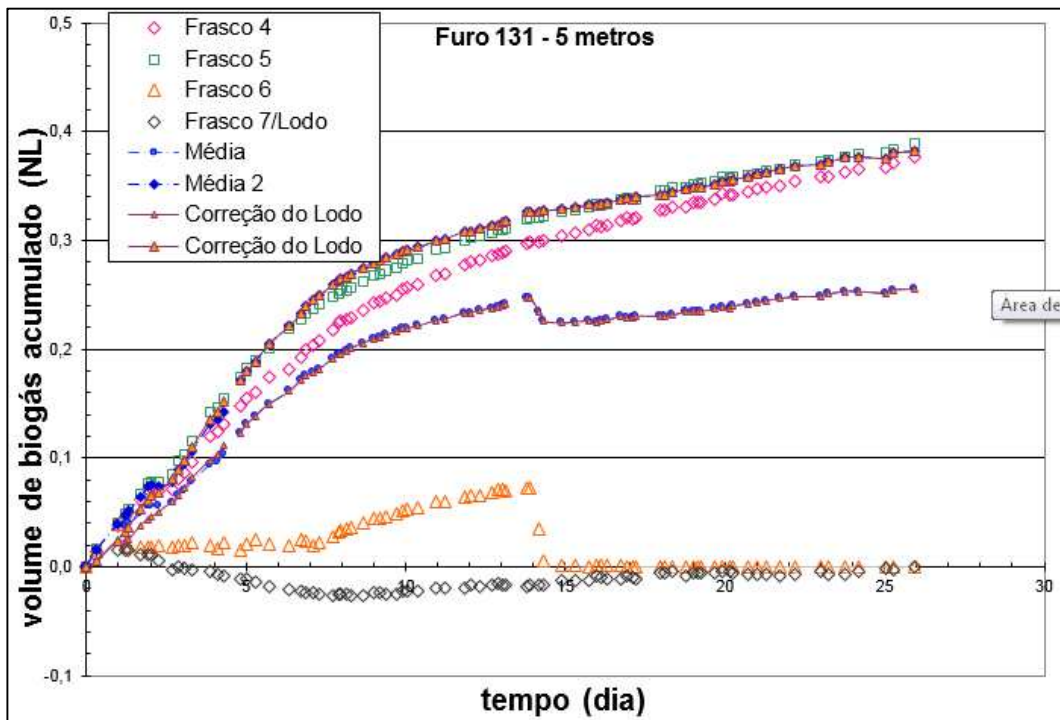
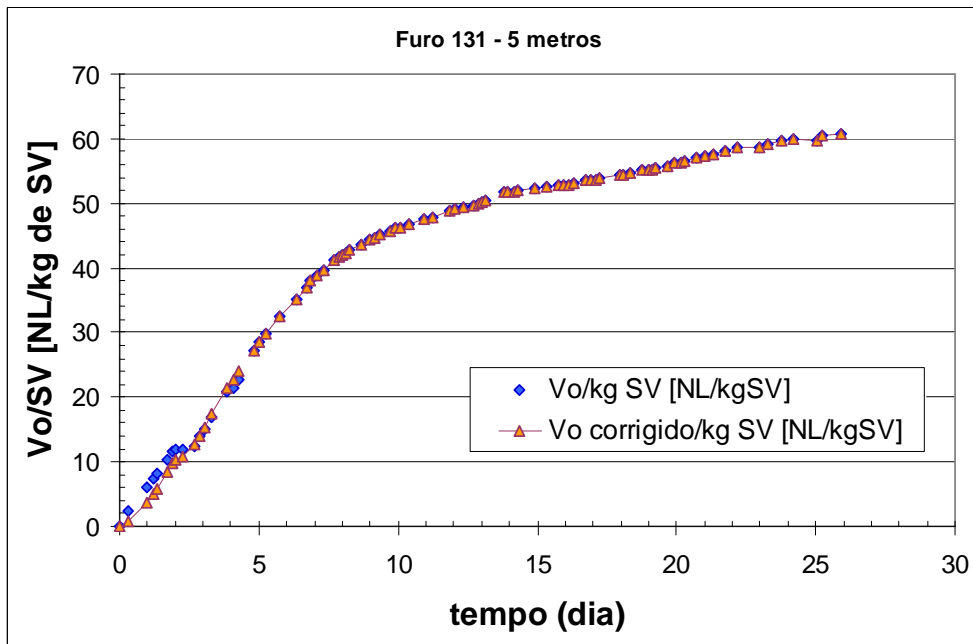


Gráfico 7-7 – Volume de biogás acumulado - furo 131 – 5 m

Como uma das repetições apresentou um comportamento anômalo, com uma pequena quantidade de volume de gás produzido entre o sétimo e décimo quarto dia e, posteriormente, a produção de biogás foi cessada, essa foi desconsiderada, passando a assumir uma média para as outras repetições (como apresentando na série “Média 2”, no Gráfico 7-7). Então, o volume acumulado de gás “bruto” médio é de aproximadamente 411 mL em um período de 21 dias. Nas CNTP, a média foi de aproximadamente 0,36 NL, com valor semelhante para a série corrigida em relação ao “branco”.

O volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis é apresentado no Gráfico 7-8. Neste, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é de 58 NL/kgSV para 21 dias.

Gráfico 7-8 – V_0 /kg SV - furo 131 – 5 m

b) profundidade 15 metros

A Tabela 7-5 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se o pH das três repetições são os mesmos, assim como a quantidade de massa orgânica.

Tabela 7-5 – Dados de entrada do ensaio do furo 131 – 15 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,020 g	50,000 g	50,052 g
pH do lodo	6,80	6,80	6,80
pH água de torneira	6,90	6,90	6,90
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	8,00	8,10	8,00

A fim de atingir a estabilização da produção do biogás, o tempo de execução do ensaio foi excedido, por mais 20 dias, conforme é apresentado no Gráfico 7-9.

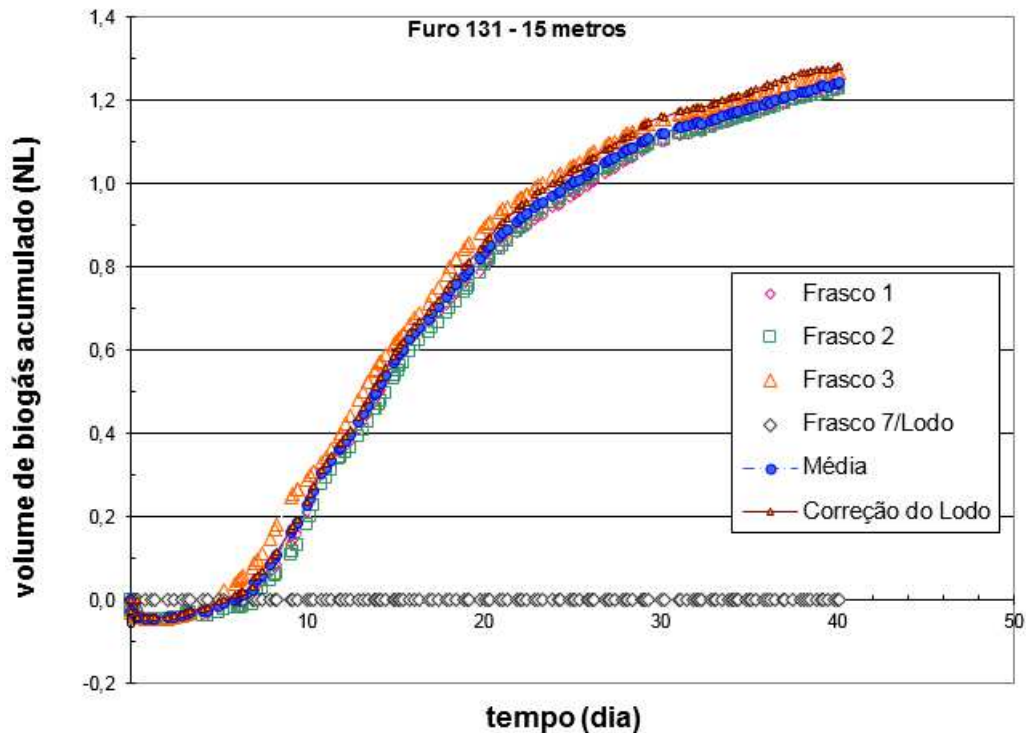


Gráfico 7-9– Volume de biogás acumulado - furo 131 – 15 m

O comportamento para as três repetições foram bem semelhantes. O volume máximo de gás “bruto” produzido foi de aproximadamente 1423,2 mL em um tempo de 40 dias. Assim, nas CNTP, o volume médio gerado foi de aproximadamente 1,24 NL. Utiliza-se essa média para a avaliação do potencial de produção de biogás em relação ao teor de sólidos voláteis.

O Gráfico 7-10 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis. Neste gráfico, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é de cerca de 54 NL/kgSV para um período de 41 dias.

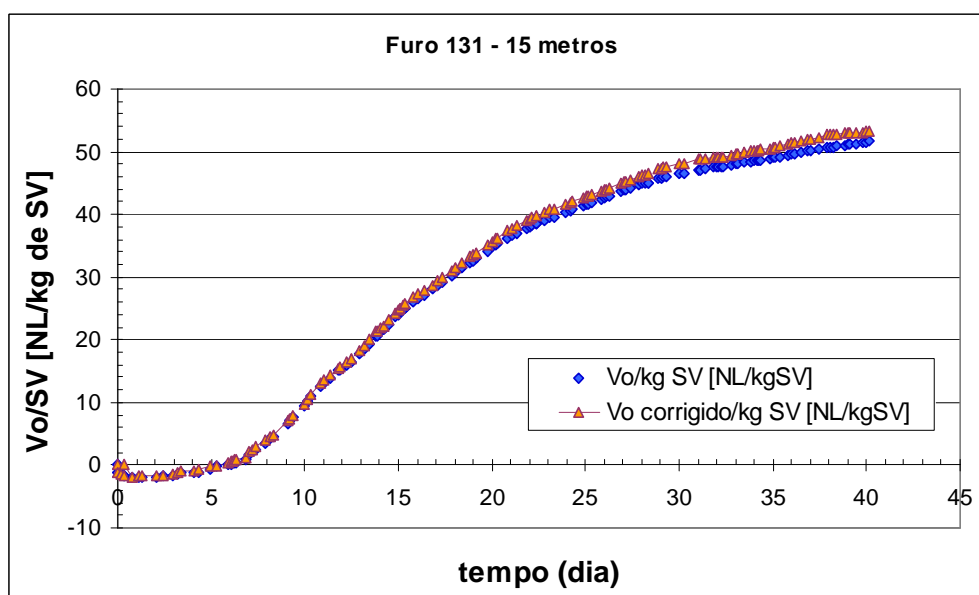


Gráfico 7-10 – V_0 /kg SV - furo 131 – 15 m

c) profundidade 25 metros

A Tabela 7-6 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que as quantidades de massa são iguais, mas há uma pequena diferença no valor do pH.

Tabela 7-6 – Dados de entrada do ensaio do furo 131 – 25 m

Dados de Entrada	Frasco 4	Frasco 5	Frasco 6
Massa de fração orgânica do RSU	49,995 g	50,004 g	49,997 g
pH do lodo	6,89	6,89	6,89
pH água de torneira	6,10	6,10	6,10
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	8,1	8,4	9,34

O Gráfico 7-11 mostra os resultados de produção de gás para essa profundidade.

O término do ensaio foi postergado para a obtenção da fase de estabilização. Como após o sexagésimo sétimo dia, não foi alcançada a estabilização, foi necessário encerrar o experimento.

Uma das repetições apresentou comportamento anômalo em relação às outras, com uma produção praticamente nula, correspondendo em volume “bruto” de cerca 21 mL de biogás. Desconsiderando tal repetição, a média do volume máximo de gás “bruto” produzido é de aproximadamente 602,3 mL em 67 dias, ou, nas CNTPs, de 0,53 NL.

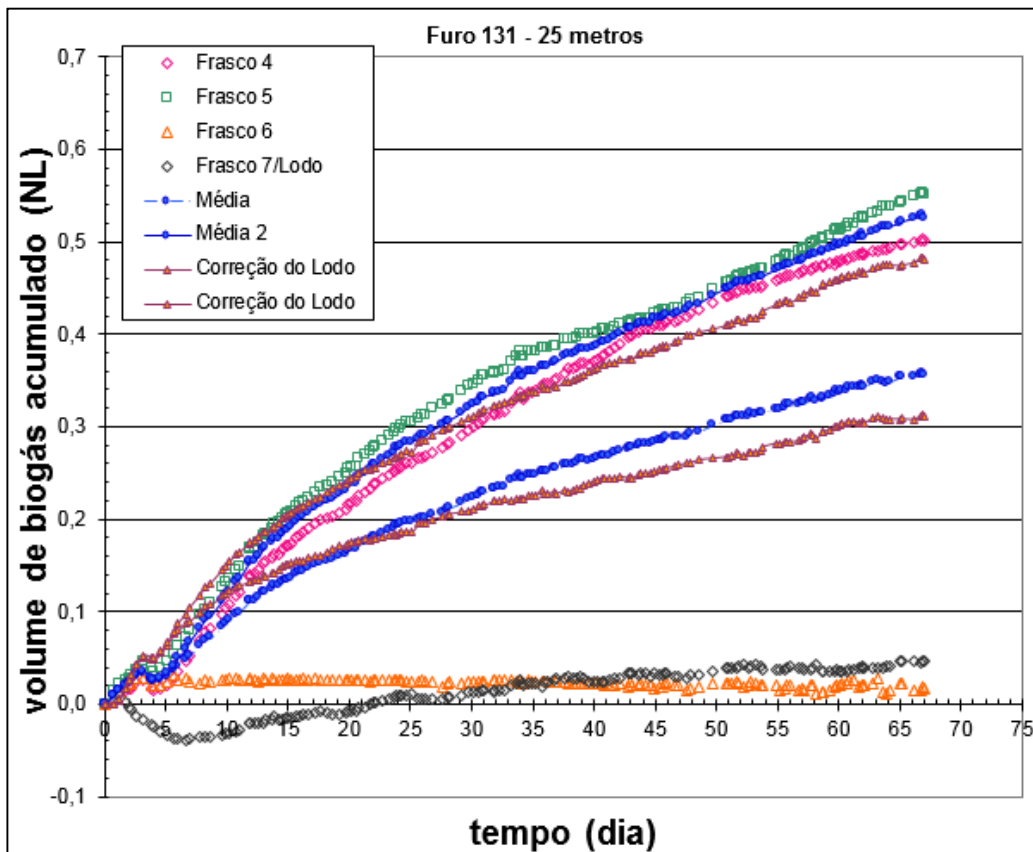


Gráfico 7-11 – Volume de biogás acumulado - furo 131 – 25 m

O Gráfico 7-12 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis. Neste gráfico, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 45 NL/kgSV para um período de 67 dias de produção de gás.

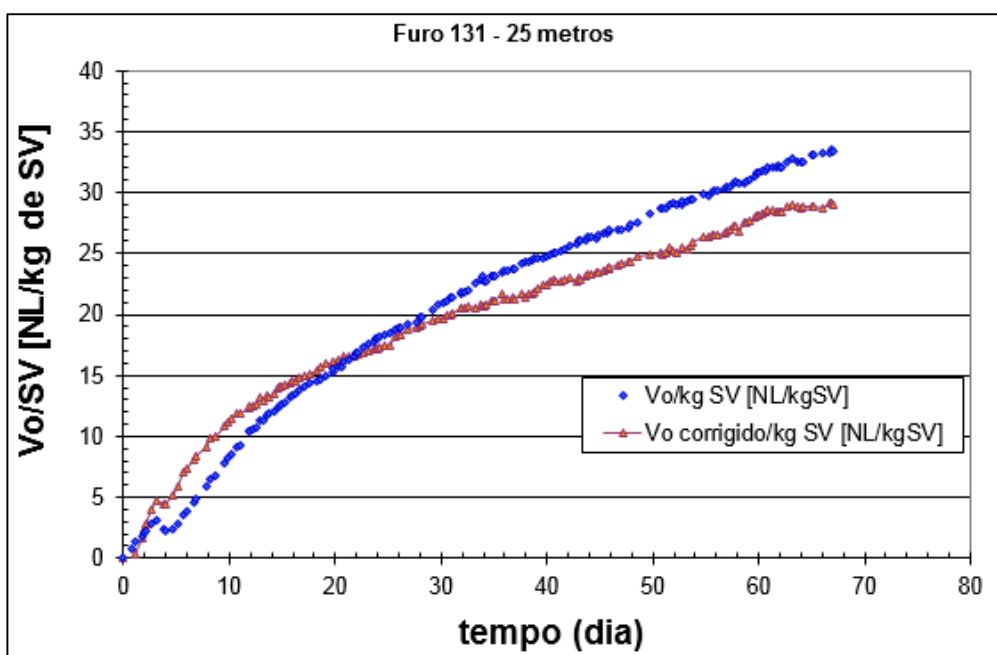


Gráfico 7-12 – $V_0/\text{kg SV}$ - furo 131 – 25 m

d) profundidade 30 metros

A Tabela 7-7 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições.

Tabela 7-7 – Dados de entrada do ensaio do furo 131 – 30 m

Dados de Entrada	Frasco 4	Frasco 5	Frasco 6
Massa de fração orgânica do RSU	50,010 g	50,048 g	50,009 g
pH do lodo	6,80	6,80	6,80
pH água de torneira	6,90	6,90	6,90
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	8,00	8,00	8,00

O Gráfico 7-13 apresenta os resultados de produção de gás para as três repetições dessa profundidade. Observa-se que não há produção de gás durante todo o tempo de execução.

Para as três repetições, foi observado um comportamento semelhante, embora aparentem possuir uma variação entre si devido à ordem de grandeza apresentada.

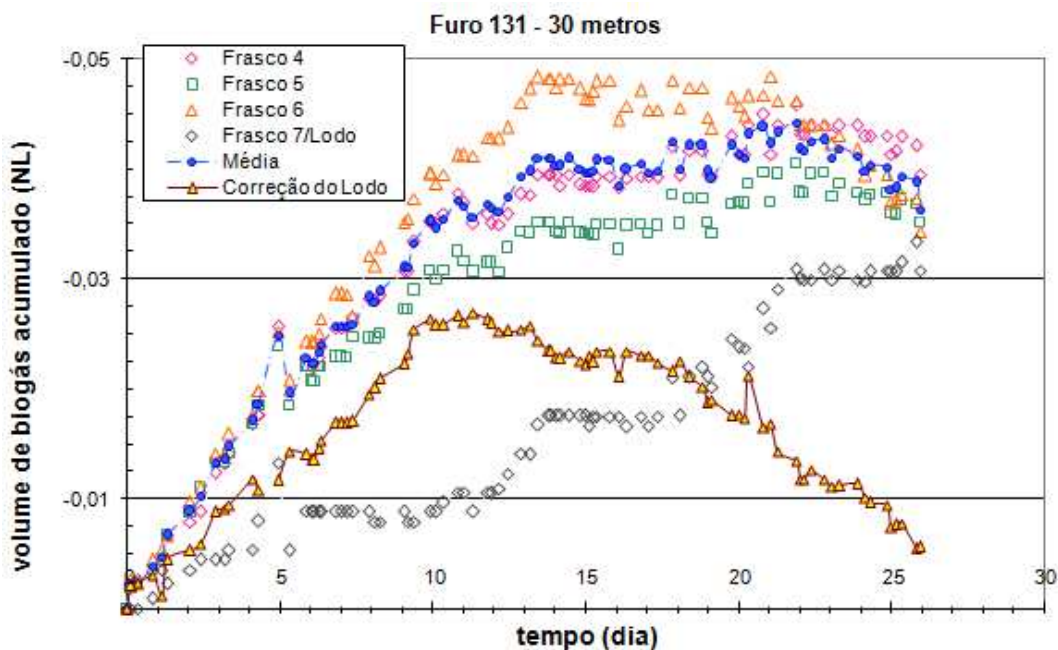


Gráfico 7-13 – Volume de biogás acumulado - furo 131 – 30 m

7.1.3 Furo 134B

a) profundidade 5 metros

A Tabela 7-8 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições.

Tabela 7-8 – Dados de entrada do ensaio do furo 134B – 5 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,004 g	50,015 g	50,001 g
pH do lodo	6,89	6,89	6,89
pH água de torneira	6,10	6,10	6,10
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	7,89	7,89	7,89

O Gráfico 7-14 apresenta os resultados de produção de gás para as três repetições dessa profundidade. Observa-se que o tempo de execução do ensaio foi excedido por mais ou menos 50 dias, mesmo assim, a estabilização não foi alcançada.

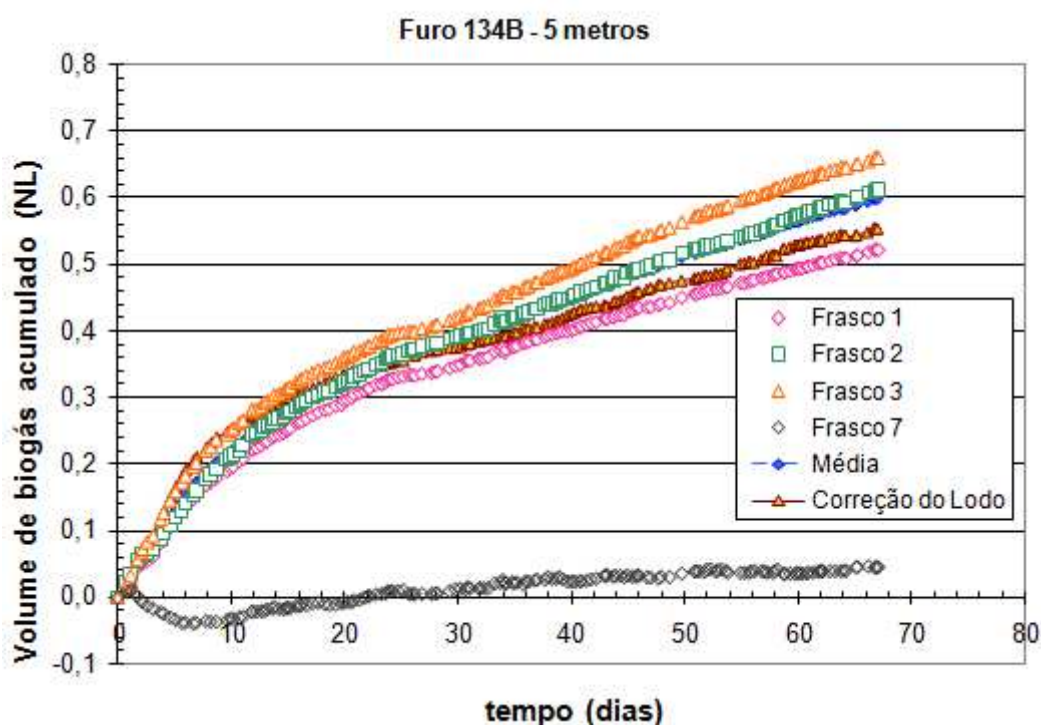
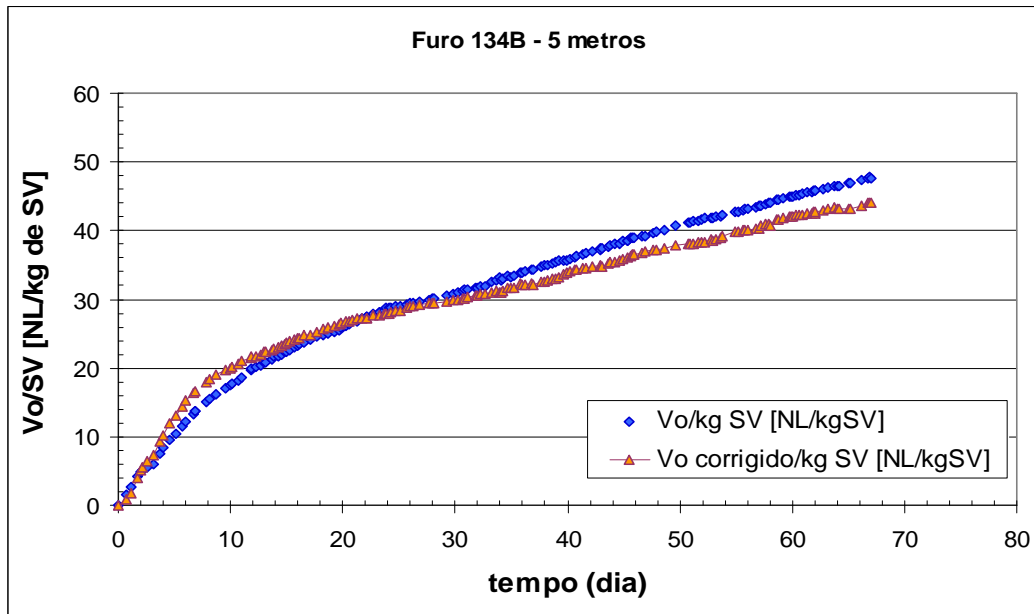


Gráfico 7-14 – Volume de biogás acumulado - furo 134B – 5 m

No nono dia de ensaio, a curva de produção de gás apresentou uma inflexão, indicando um princípio de estabilização. Com quase 70 dias foi finalizado o ensaio sem ter atingido o patamar de estabilização da produção de gás.

As três repetições apresentaram um comportamento semelhante entre si. O volume máximo de gás “bruto” gerado é de 684,5 mL para um tempo de 67 dias. Nas CNTP, a média deste volume é de aproximadamente 0,6 NL.

O Gráfico 7-15 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis. Neste gráfico, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 44 NL/kgSV para 67 dias de produção.

Gráfico 7-15 – V_0 /kg SV - furo 134B – 5 m

7.1.4 Furo 161A

a) profundidade 5 metros

A Tabela 7-9 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições

Tabela 7-9 – Dados de entrada do ensaio do furo 161A – 5 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,030 g	50,015 g	50,001 g
pH do lodo	6,59	6,59	6,59
pH água de torneira	6,22	6,22	6,22
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	6,66	6,94	6,76

O Gráfico 7-16 apresenta os resultados de produção de gás para as três repetições dessa profundidade. Observa-se que as três repetições apresentaram uma variação entre si, mas com pouca modificação na forma da curva.

O volume máximo de gás “bruto” gerado num tempo de 21 dias é 107,5 mL. Nas CNTP, o volume médio é de aproximadamente 0,1 NL.

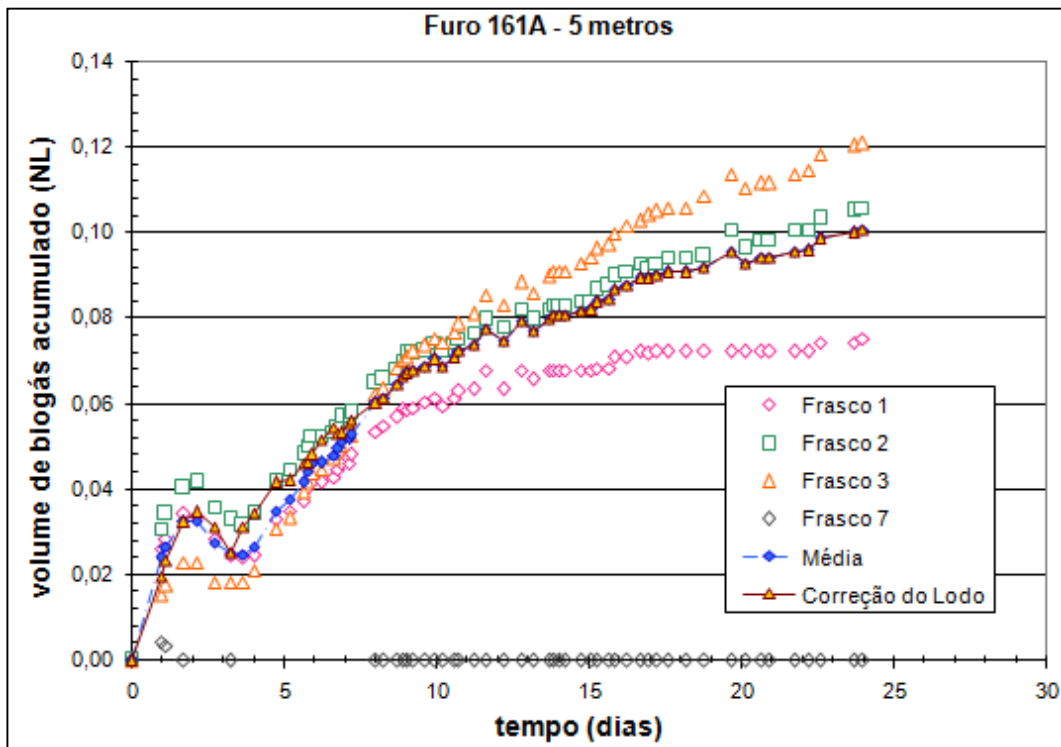
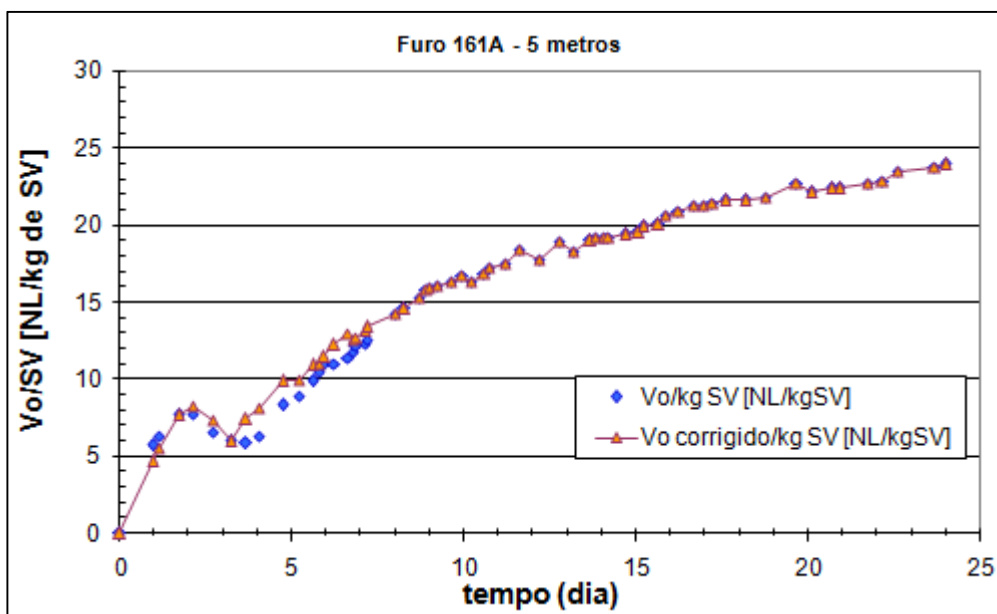


Gráfico 7-16 – Volume de biogás acumulado - furo 161A – 5 m

O Gráfico 7-17 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis.

Gráfico 7-17 – V_0 /kg SV - furo 161A – 5 m

No gráfico acima, observa-se que o máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 22 NL/kgSV para 21 dias de produção.

b) profundidade 10 metros

A Tabela 7-10 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições.

Tabela 7-10 – Dados de entrada do ensaio do furo 161A – 10 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,000	50,003	50,013
pH do lodo	6,56	6,56	6,56
pH água de torneira	6,15	6,15	6,15
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	7,48	7,48	7,78

O Gráfico 7-18 apresenta os resultados de produção do volume acumulado de gás para as três repetições dessa profundidade.

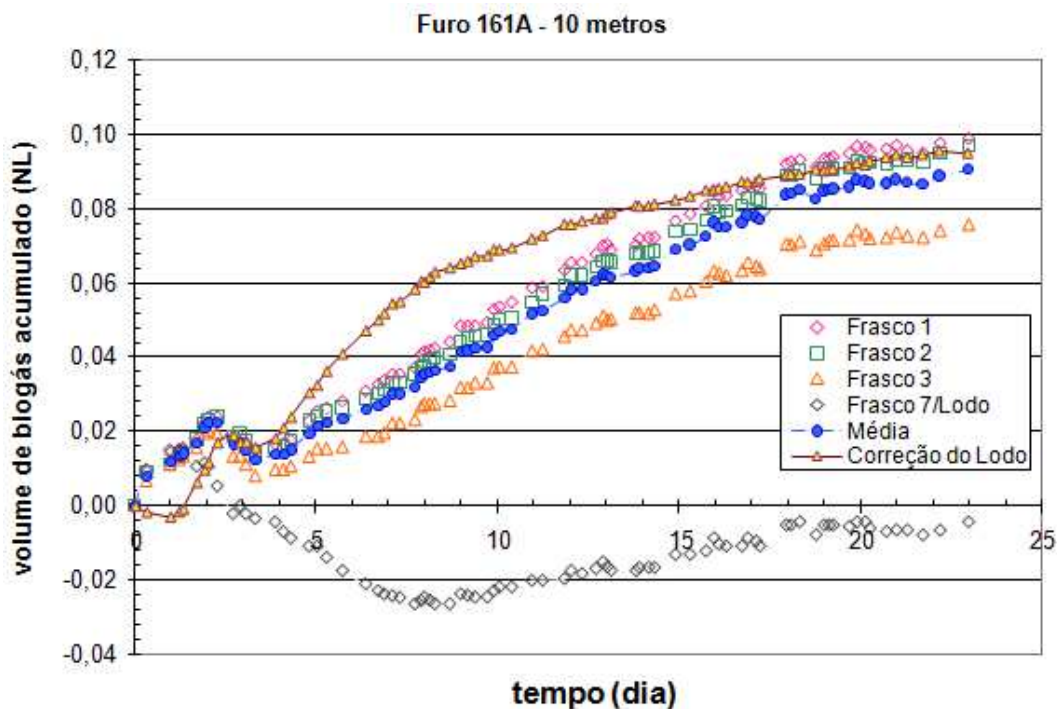


Gráfico 7-18 – Volume de biogás acumulado- furo 161A – 10 m

Observa-se que as três repetições apresentaram um comportamento semelhante, com uma pequena variação em relação ao frasco 3. Nesse material é verificada uma condição diferente no início do ensaio, onde após o segundo dia, parece ter ocorrido o consumo ou escape de gás. A produção de gás novamente é iniciada após o quarto dia e, até o final do ensaio, não é notado qualquer outra alteração.

O volume máximo de gás “bruto” produzido foi de aproximadamente 100 mL em 21 dias. A média do volume, nas CNTPs, foi 0,09 NL.

Como os volumes gerados são muito menores que os apresentados pelos demais furos, observa-se que o volume corrigido em relação ao “branco” passa a ser influenciado por esse, portanto, os valores médio e corrigido apresentam uma diferença. Esse comportamento pode ser visto tanto no Gráfico 7-18 quanto no Gráfico 7-19.

O Gráfico 7-19 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis.

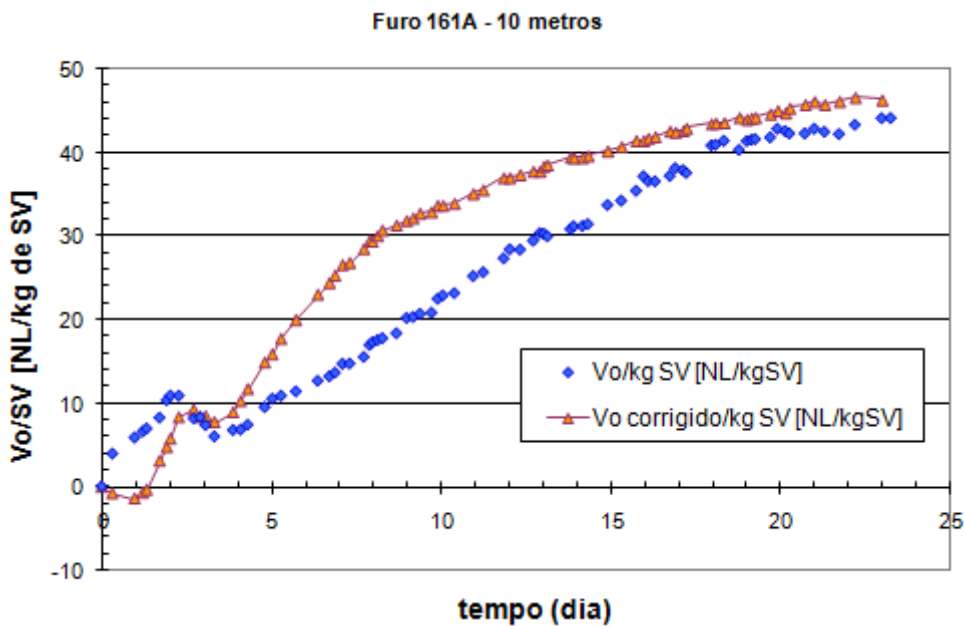


Gráfico 7-19 – V_0 /kg SV - furo 161A – 10 m

O máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 46 NL/kgSV para 21 dias de produção.

c) profundidade 15 metros

A Tabela 7-11 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições

Tabela 7-11 – Dados de entrada do ensaio do furo 161A – 15 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,000	50,003	50,013
pH do lodo	6,56	6,56	6,56
pH água de torneira	6,15	6,15	6,15
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	7,48	7,48	7,78

O Gráfico 7-20 apresenta os resultados de produção do volume acumulado de gás para as três repetições dessa profundidade. Observa-se uma delas apresentou um comportamento bastante distinto das outras duas, onde não houve produção de gás e, portanto, foi desconsiderada.

O volume máximo de gás “bruto” gerado é de 111,8 mL para um tempo de 40 dias. O volume médio, nas CNTPs, para apenas duas repetições é de aproximadamente 1,0 NL.

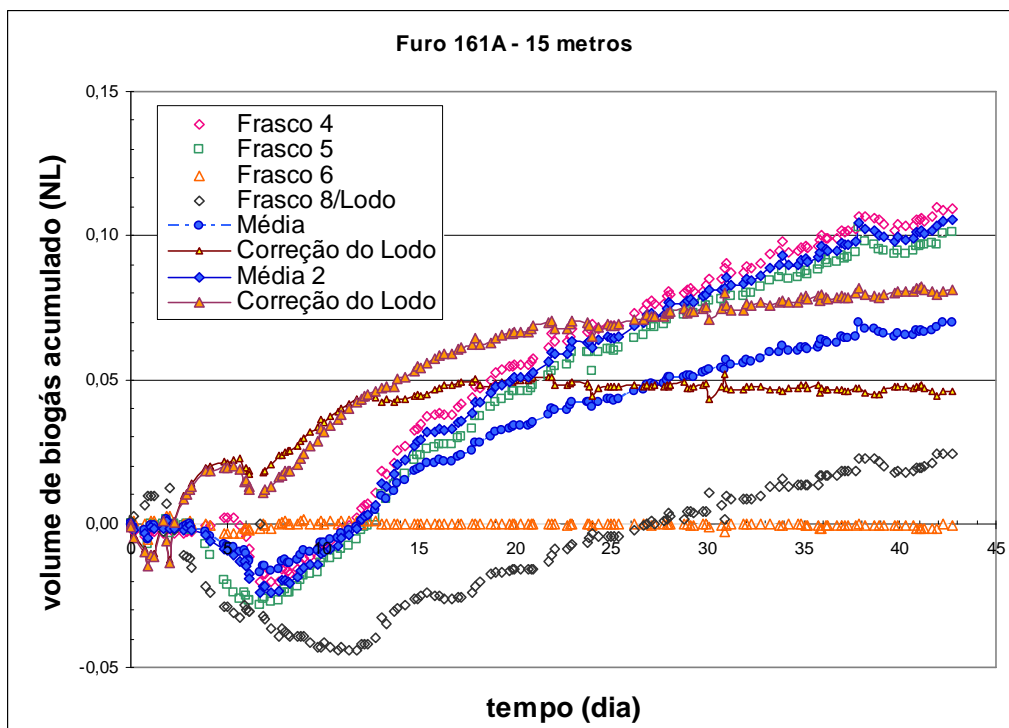


Gráfico 7-20 – Volume de biogás acumulado - 161A – 15 m

No material dessa profundidade é verificada uma condição diferente no início do ensaio, como ocorreu com o de 10 m, contudo, ainda mais acentuado. Pois, ainda que a produção de gás tenha sido novamente iniciada após o quarto ou quinto dia, a taxa de geração de gás ocorreu de maneira irregular, observa-se que do quinto dia até o décimo quinto existe uma taxa praticamente constante e maior que a ocorrida entre o décimo quinto ao trigésimo quinto dia, como é visto nos Gráfico 7-20 e Gráfico 7-21. Condição análoga também foi observada para a profundidade anterior.

O Gráfico 7-21 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis.

O máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 4,4 NL/kgSV para um período de 40 dias de produção.

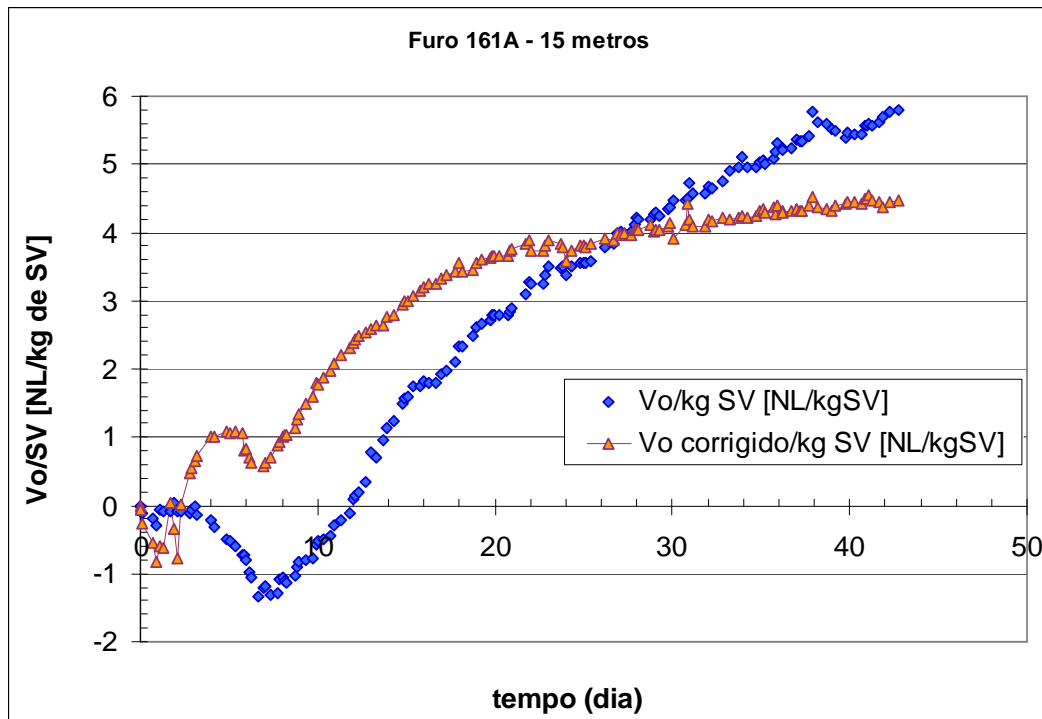


Gráfico 7-21 – V_0 /kg SV - furo 161A – 15 m

d) profundidade 20 metros

A Tabela 7-12 apresenta os dados de entrada do ensaio GB₂₁. Observa-se que o pH e a massa orgânica são iguais para as três repetições

Tabela 7-12 – Dados de entrada do ensaio do furo 161A – 20 m

Dados de Entrada	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3
Massa de fração orgânica do RSU	50,000	50,000	50,003
pH do lodo	7,53	7,53	7,53
pH água de torneira	6,4	6,4	6,4
pH solução (água+lodo+f.org.RSU)	8,1	8,2	8,5

O Gráfico 7-22 apresenta os resultados de produção do volume acumulado de gás para as três repetições dessa profundidade. Observa-se um comportamento semelhante para as três repetições, com uma pequena variação do frasco 2, a partir do décimo dia, com uma variação máxima do volume de gás de 20 mL em relação as demais.

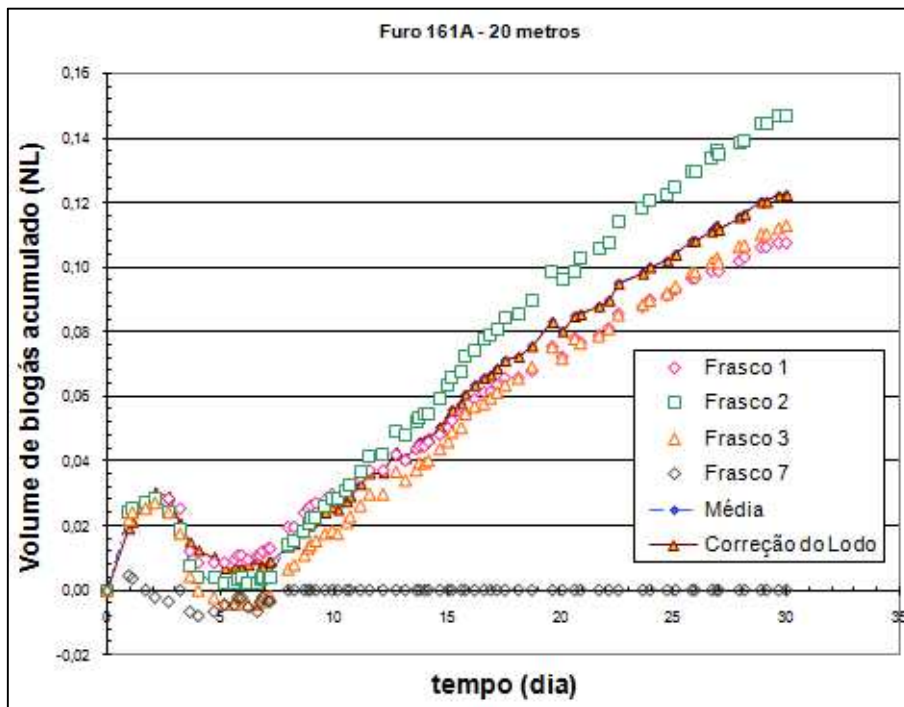


Gráfico 7-22 – Volume de biogás acumulado - furo 161A – 20 m

A média do volume máximo de gás “bruto” gerado é de 139,7 mL num tempo de 30 dias. Nas, CNTPs, o volume é aproximadamente 0,12 NL.

Como observado para todas as profundidades anteriores desse furo, o comportamento inicial de produção de biogás foi negativo até o quinto dia.

O Gráfico 7-23 apresenta o volume acumulado de biogás produzido em relação ao teor de sólidos voláteis.

O máximo volume de biogás por massa de SV é cerca de 12,7 NL/kgSV para um período de 30 dias de produção.

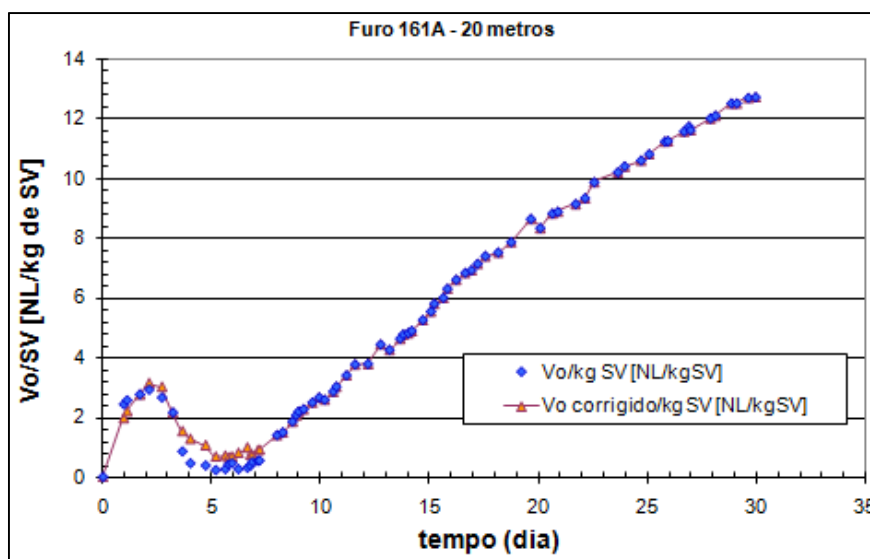


Gráfico 7-23 – $V_0/\text{kg SV}$ - furo 161A – 20 m

7.2

Ajuste não-linear aos dados experimentais do ensaio GB₂₁

O ajuste não-linear do comportamento de geração de biogás dado pela equação de von Bertalanffy, pode ser realizado tanto em termos do volume de gás produzido quanto em termos do potencial de geração de gás. Por este procedimento, foram obtidos os coeficientes da equação, sendo que, indiferentemente do termo no eixo y (volume ou potencial), o valor de k permanecerá igual, variando apenas o valor de B_{μ} .

Na Tabela 7-13 estão dispostos os parâmetros obtidos pelo ajuste, onde o termo B_{μ} é o volume acumulados de biogás produzido durante a realização do ensaio GB₂₁, como foi apresentado nos gráficos de volume acumulado de biogás (exemplo: Gráfico 7-1). O parâmetro L_o é o potencial máximo de biogás, em termos do volume de gás pela massa de resíduo seco utilizado no experimento. O termo $B_{\mu\text{CH}_4}$ refere-se ao volume acumulado de gás metano, onde foi assumido que o biogás possui 50 % de metano, $L_o\text{CH}_4$ é o potencial máximo de metano e $t_{1/2}$ é o tempo de meia vida do material sólido.

Tabela 7-13 – Parâmetros da curva de von Bertalanffy.

Furo	Prof. (m)	Biogás				Metano				
		B _μ (NL)	L ₀ (NL/kgRSU)	k (1/dia)	R ²	B _{μCH4} (NLCH ₄)	L _{0 CH4} (NLCH ₄ /kgRSU)	k (1/dia)	R ²	t _{1/2} (dia)
128C	5	8,18	83,38	0,011	0,968	4,35	41,66	0,011	0,966	63,1
	10	0,88	9,49	0,123	0,963	0,44	4,74	0,123	0,956	5,64
	15	1,23	13,36	0,027	0,958	0,54 ¹	5,73	0,031 ¹	0,957 ¹	22,4
131	5	0,39	5,49	0,125	0,987	0,20	2,74	0,125	0,987	5,55
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	4,80	53,78	0,009	0,944	2,03 ¹	22,7	0,011 ¹	0,930 ¹	63,1
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	0,55	6,20	0,028	0,994	0,275	3,10	0,028	0,994	24,8
	30	0	0	0	0	-	-	-	-	-
134B	5	0,53	5,91	0,049	0,948	0,20 ²	2,23	0,091 ²	0,992 ²	7,6
161A	5	0,11	1,83	0,106	0,976	0,05	0,92	0,106	0,976	6,5
	10	0,12	1,88	0,083	0,975	0,06	0,93	0,083	0,975	8,4
	15	0,10	0,97	0,046	0,955	0,05	0,48	0,046	0,955	15,1
	20	- 0,09	-1,11	-0,031	0,950	49,64 ³	628,60 ³	0,00004 ³	0,948 ³	17328

¹foi desconsiderado o intervalo de tempo; ²os dados foram considerados até 40 dias; ³foi desconsiderado as anomalias iniciais.

Como o comportamento da curva do material de 5 m, do furo 128C, apresentou diversos platôs (Gráfico 7-1), não havendo uma produção crescente e contínua de gás. Pela curva observa-se que após 5 dias há uma estabilização da produção de gás, posteriormente, em menos de 4 dias um novo aumento na produção inicia-se, continuando com esses pequenos sobressaltos até próximo o trigésimo dia. Dessa data em diante, inicia-se uma nova face de produção com uma estabilização pelo quinquagésimo dia. Com esse comportamento, a curva indica apresentar duas fases ou dois tipos de materiais distintos em processo de decomposição.

Portanto, para a primeira parte da curva, ajusta-se à equação de von Bertalanffy, obtendo um erro quadrático (R^2) igual a 0,988. Contudo, os valores de B_{μ} e k os valores são -2,30 e -0,013, respectivamente. Esses foram desconsiderados, pois o comportamento não resultou num bom ajuste à equação. Já para a segunda parte, o ajuste apresenta um erro quadrático inferior, igual a 0,88, com os demais parâmetros iguais a 2,41 e 0,03, respectivamente. Os Gráficos 7-24 e 7-25 apresentam essas análises.

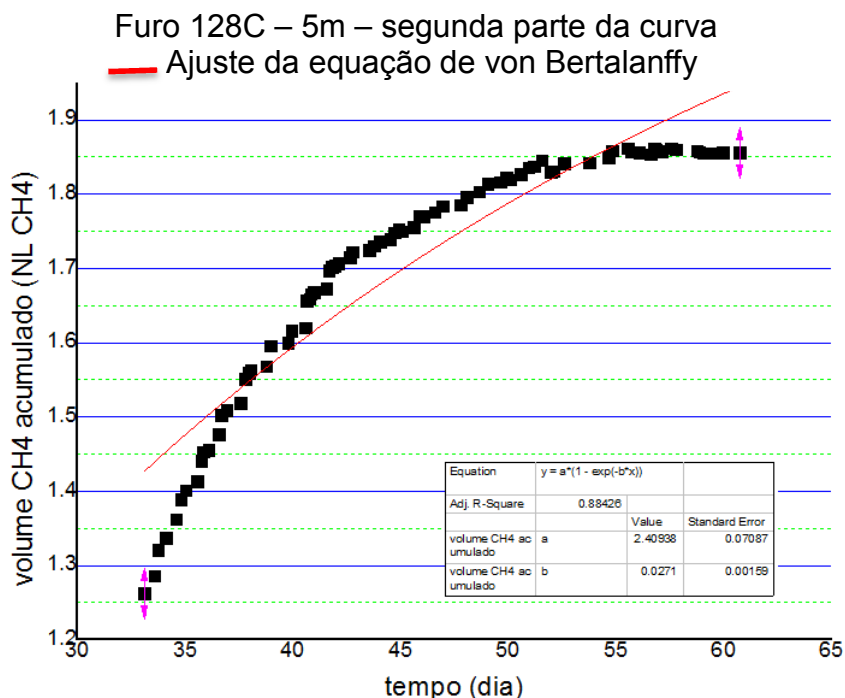


Gráfico 7-24 – Ajuste da geração de metano considerando a 1ª parte da curva do furo 128C-5m.

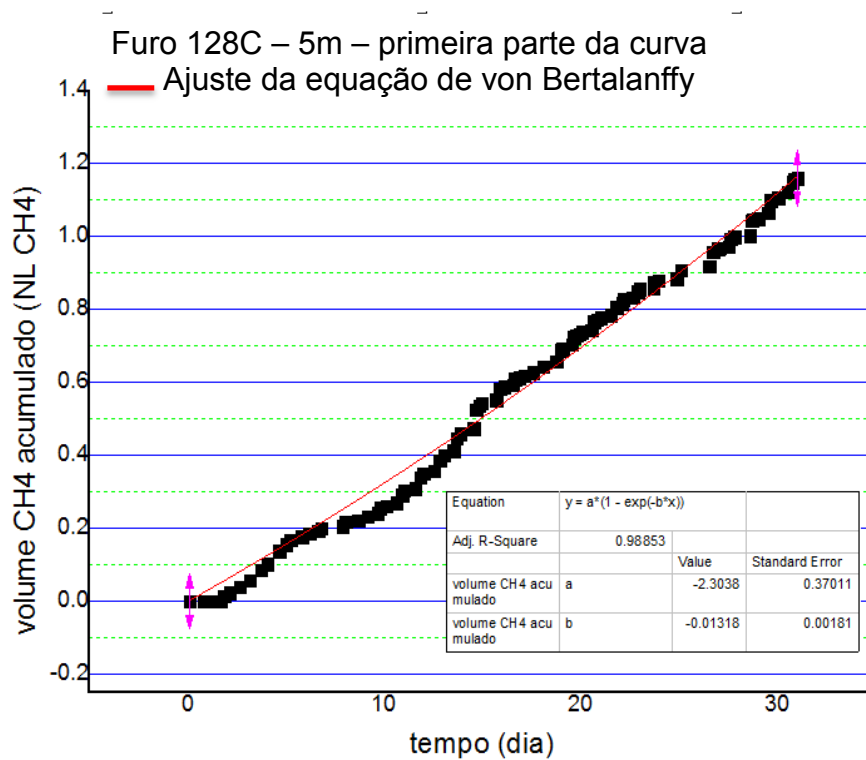


Gráfico 7-25 – Ajuste da geração de metano considerando a 2ª parte da curva do furo 128C-5m.

Ao separar as formas de comportamento distintas na curva, o ajuste promovido pela segunda parte (Gráfico 7-25) resulta num valor superior ao do volume máximo de metano, sendo igual a 1,85 NL de CH₄. Nesse ajuste, o valor máximo seria de 2,25 NL de CH₄, o que melhor representa o comportamento do que o encontrado para a curva completa. Mas, ainda sim, apresenta um valor de quase o dobro do obtido experimentalmente. Outro caso nesse mesmo furo é o material localizado a 15 m, onde o máximo estaria próximo a 0,27 NL de CH₄ e pelo ajuste, o valor do parâmetro é de 0,54, extrapolando o máximo de gás produzido.

No furo 131, para o material de 5 metros, o valor máximo real é de 0,6 NL. O ajuste desse ponto resultou num valor de 2 NL de CH₄, que é superior ao real. Outro ponto que apresentou um potencial máximo a partir do ajuste da equação de von Bertalanffy muito maior que o obtido experimentalmente é o do furo 161A, para o material de 20 m. Em que, ao assumir a remoção dos primeiros pontos, o valor do potencial máximo de produção de metano obtido é de 49 NL pelo ajuste da equação à curva, sendo superior ao verificado experimentalmente que é de 0,06 NL de metano.

O ajuste no furo 131, para o material de 5 m, também é muito superior, onde o máximo obtido experimentalmente é próximo de 0,6 NL e o obtido pelo ajuste é de 2 NL de CH_4 . Outro ponto em que o ajuste da equação de von Bertalanffy não corresponde muito bem, extrapolando o valor de volume máximo de gás, é o material de 20 m do furo 161A. Mesmo com a remoção dos primeiros pontos, o valor do potencial máximo de metano passa a ser de 49 NL de CH_4 , muito superior ao obtido experimentalmente, que está próximo de 0,06 NL de CH_4 .

O parâmetro k permaneceu constante tanto na análise de biogás quanto de gás metano, sendo alterado apenas quando alguma modificação na forma da curva for realizada, como explicado anteriormente e mostrado no Gráfico 7-24 e no Gráfico 7-25 visualizado para a profundidade de 5 m, do furo 128C. Essas modificações também foram realizadas para o material de 5 metros do furo 134B e o de 20 m do furo 161A.

O Gráfico 7-26 apresenta o perfil de volume potencial de biogás gerado por cada ponto em cada furo pelo ensaio GB_{21} . Ainda que apresente uma tendência por profundidade, em separada, para alguns pontos.

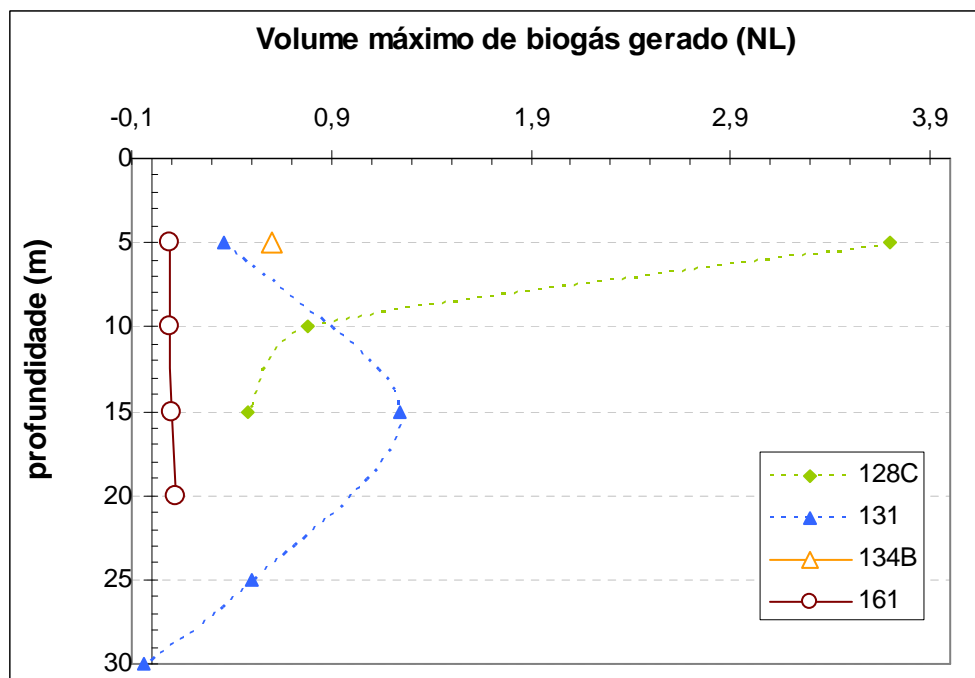


Gráfico 7-26 – Perfil do volume potencial de biogás acumulado

O furo 161A foi o que apresentou menor potencial de geração de gás. Sendo o furo 128C o que possui maior potencial de geração. Com relação à profundidade

de 5 m, o material de 1 ano apresentou maior produção de biogás, seguido pelos materiais com 2 anos (furo 134B e 131), e, posteriormente, o material de 4 anos, com menor produção de biogás. Esta tendência não pode ser verificada na profundidade de 15 m, pois não foi possível inferir a idade destes, apenas sendo estimado que possuem mais do que 8 anos.

O parâmetro k variou de 0,011 por dia a 0,125 por dia, excluindo a última profundidade do furo 161A. Não há tendência em relação à idade/profundidade para esse parâmetro. O mesmo foi observado para o $t_{1/2}$ e $L_{o\text{CH}_4}$.

O $t_{1/2}$ foi calculado conforme Equação 8-6, este parâmetro fornece um indicativo de quanto tempo um determinado material será reduzido/degradado/decomposto à metade. O material representativo de um tempo de decomposição de 2 anos (furo 131-5m) são os que apresentaram os menores valores de $t_{1/2}$, indicando uma rápida mineralização. Em relação aos materiais com idade superior a 4 anos, a faixa de $t_{1/2}$ está entre 6,5 dias a pouco mais de 3 meses, indicando que a conversão completa que esse material pode ainda sofrer, será alcançada num curto período de tempo.

7.3

Correlação entre as características físico-químicas do RSU

Para um melhor entendimento sobre o comportamento de degradação e produção de biogás com relação aos parâmetros avaliados, foram realizadas análises estatísticas para avaliar correlações entre os parâmetros. Como a maioria dos dados não apresentou correlação linear entre si (ou correlação de Pearson), conforme o critério de interpretação do coeficiente linear apresentado a seguir.

A interpretação do coeficiente linear de Callegari-Jacques (2003), citado por Lira (2004), apresenta uma forma de avaliar qualitativamente o coeficiente de correlação ou coeficiente linear de Pearson ($\hat{\rho}$), como:

- 1) se $0,0 < |\hat{\rho}| < 0,3$, existe uma fraca correlação linear;
- 2) se $0,3 < |\hat{\rho}| < 0,6$, existe uma moderada correlação linear;
- 3) se $0,6 < |\hat{\rho}| < 0,9$, existe uma forte correlação linear;
- 4) se $0,9 < |\hat{\rho}| < 1,0$, existe uma correlação linear muito forte.

Quando os valores coeficiente linear de Pearson em módulo é igual a 1 ($|\hat{\rho}| = 1$) existe uma correlação linear perfeita entre as variáveis, podendo ser perfeitamente positiva ou negativa. Quando se tem $\hat{\rho}$ igual a zero, não existe correlação linear entre as variáveis (Lira, 2004). A correlação negativa indica que o crescimento de uma das variáveis implica, em geral, no decréscimo da outra. A correlação positiva indica, em geral, o crescimento ou decréscimo concomitante das duas variáveis consideradas (Pontes).

Para tanto, foi utilizado à correlação de Spearman, que através de uma análise não paramétrica avalia as possíveis combinações entre os parâmetros que pudessem resultar em alguma correlação, tal análise foi realizada pelo Software Statistica-7.

A Tabela 7-14 apresenta os resultados obtidos pela correlação, onde os parâmetros que possuem uma forte correlação estão em negrito na cor azul. A correlação seguir o mesmo critério de interpretação apresentada por Callegari-Jacques (2003), citado por Lira (2004).

Observa-se na Tabela 7-14, (que possui a forma de uma matriz diagonal simétrica) que a grande maioria dos parâmetros não apresentaram relação não linear entre tais parâmetros.

Tabela 7-14 - Correlação de Spearman

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1) Idade	1									
2) Temperatura	0,23	1								
3) pH	0,29	0,64	1							
4) w local	0,14	-0,11	0,02	1						
5) Teor MO	-0,20	-0,28	-0,23	0,70	1					
6) Teor SV	-0,23	-0,30	-0,29	0,64	0,97	1				
7) Teor LG	-0,37	-0,06	-0,15	0,53	0,78	0,79	1			
8) Gs	-0,12	-0,08	-0,17	-0,45	-0,46	-0,35	-0,32	1		
9) % papel	-0,27	-0,16	-0,08	0,58	0,80	0,80	0,71	-0,61	1	
10) % plástico	0,05	0,31	0,63	0,04	0,32	0,28	0,48	-0,38	0,38	1
11) % vidro	-0,25	0,004	-0,28	0,30	0,46	0,38	0,56	-0,26	0,21	-0,02
12) % metal	-0,41	-0,12	-0,16	0,07	0,63	0,59	0,49	-0,47	0,20	0,23
13) % inerte	0,25	0,19	0,13	-0,36	-0,73	-0,63	-0,68	0,73	-0,61	-0,40
14) % outros	-0,28	-0,23	-0,34	0,55	0,29	0,27	0,27	-0,42	0,35	-0,32
15) %orgânico grosso	-0,22	-0,68	-0,66	0,59	0,46	0,46	0,29	0,24	0,16	-0,43
16) % agregado fino	0,002	0,21	0,32	-0,73	-0,58	-0,65	-0,28	0,22	-0,41	0,02
17) % porção inerte	0,15	0,36	0,37	0,26	0,15	0,25	0,07	-0,38	0,08	0,22
18) % porção orgânica	-0,11	-0,40	-0,39	-0,26	-0,13	-0,23	-0,04	0,40	-0,07	-0,23
19) Volume máximo de Biogás	-0,49	-0,53	-0,53	0,62	0,68	0,69	0,62	0,07	0,44	-0,55
20) L _o	-0,36	-0,60	-0,42	0,57	0,66	0,67	0,62	0,14	0,68	-0,43
21) k	-0,48	-0,46	-0,40	-0,45	-0,30	-0,25	-0,43	0,41	-0,30	-0,43

Continuação da Tabela 7-14.

Variáveis	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1) Idade											
2) Temperatura											
3) pH											
4) w local											
5) Teor MO											
6) Teor SV											
7) Teor LG											
8) Gs											
9) % papel											
10) % plástico											
11) % vidro	1										
12) % metal	0,33	1									
13) % inerte	-0,56	-0,63	1								
14) % outros	0,23	-0,006	-0,26	1							
15) %orgânico grosso	0,20	0,03	-0,06	0,42	1						
16) % agregado fino	0,22	-0,26	0,07	-0,29	0,49	1					
17) % porção inerte	-0,35	0,10	0,18	0,07	-0,26	-0,51	1				
18) % porção orgânica	0,33	-0,13	-0,17	-0,06	0,34	0,46	-0,98	1			
19) Volume máximo de Biogás	0,60	0,05	-0,35	0,92	0,68	-0,44	0,08	-0,11	1		
20) L _o	0,29	-0,23	-0,07	0,76	0,76	-0,48	0,19	-0,14	0,89	1	
21) k	-0,80	-0,36	0,83	-0,29	0,11	0	-0,19	0,14	-0,02	0,07	1