

# UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA . PORTO

FACULDADE DE ECONOMIA E GESTÃO

## MESTRADO

**Finanças**

Modalidade de Trabalho

**Dissertação**

Tema

**Avaliação de uma Central de Valorização  
Orgânica para produção de biometano: um  
estudo de caso**

Nome Aluno

**Nuno Filipe Rei**

Data

**Março/2012**



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. Doutor Ricardo Cunha, que sempre disponível, foi indispensável na descoberta dos passos a seguir no trabalho.

Agradeço à Isabel, minha mulher e companheira, que durante este projecto sempre me apoiou, incentivou e motivou. Gostaria também de agradecer à minha família, todos foram importantes. A Diana pelo seu espírito motivador e sua ajuda, a Céu pela sua compreensão e alegria e o Zé pelo exemplo de força e querer que nos dá todos os dias. Vocês, com a Isabel, são as minhas raízes e o meu mundo.

Para a Matilde uma palavra...Até já! Este será o primeiro de muitos esforços que te dedico.

## **Sumário Executivo**

O objectivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da produção de biometano e sua injeção na rede do gás natural.

Para o efeito, recorreremos aos métodos tradicionais de avaliação de projectos. Como o projecto é caracterizado pela sua flexibilidade e modularidade, escolhemos recorrer também ao método de opções reais.

Em termos comparativos, o valor obtido pelo projecto quando avaliado sob esta última óptica de avaliação é superior ao obtido através dos métodos tradicionais.

Este nosso resultado evidencia uma maior capacidade de captar as características do projecto e enquadra-se nas linhas gerais da literatura opções reais.

**Palavras-chave:** Métodos tradicionais de avaliação, Opções reais, Biometano

## **Abstract**

The purpose of this study is to evaluate the feasibility of producing biomethane and its injection in the natural gas network.

To achieve our goal we resorted to traditional methods of capital budgeting. As the project is also characterized by its flexibility and modularity, we chose to use also the real options approach.

In comparison, the value obtained for the project when evaluated with the real options approach is superior to that obtained using traditional capital budgeting techniques.

This result demonstrates the real options' ability to better capture the characteristics of the project and it is in accordance with the general literature of real options.

Key words: Traditional methods of capital budgeting, Real options, Biomethane

# Índice

0 – Introdução .....	1
1 – As Energias Renováveis .....	2
1.1 – Biogás.....	6
1.2 - Cenários de futuro do Biogás .....	12
2 – Indicadores de avaliação e selecção de investimentos.....	16
2.1 – Valor Actualizado Líquido (VAL) .....	17
2.2 – Taxa Interna de Rentabilidade (TIR).....	21
2.3 – Índice de Rentabilidade(IR) .....	23
2.4 – Período de recuperação do capital (PRC) normal, médio e ajustado ..	23
2.5 – Opções reais(OR) .....	25
2.5.1 - Principais modelos .....	26
2.5.2 - Taxonomia e definições .....	29
2.5.3 - Aplicações das opções reais na avaliação de recursos naturais ...	31
2.5.4 - Aplicação das opções reais ao nosso estudo de caso.....	31
2.6 – Modelos de desconto de <i>cash-flow</i> vs opções reais.....	32
3 – Projecto .....	36
3.1 Descrição do Projecto.....	36
3.2 Dados do Projecto .....	37
3.2.1 Estrutura de Capitais.....	37
3.2.2 Investimento .....	39
3.2.3 Regime de funcionamento da central.....	40
3.2.4 Pressupostos Macroeconómicos e Fiscais .....	42
3.2.5 Receitas de exploração da central .....	43

3.2.6 Custos de exploração da central.....	44
3.2.7 Capital Circulante .....	46
4 – Avaliação do projecto .....	48
4.1 – Avaliação tradicional.....	48
4.1.1 – Análise de sensibilidade do VAL .....	49
4.1.2 – Análise do ponto crítico .....	49
4.2 - Opções Reais .....	50
4.2.1 – O valor do projecto sem opções.....	51
4.2.2 - O valor do projecto com a opção de abandono .....	51
4.2.3 - O valor do projecto com a opção de conversão .....	51
4.2.4 - O valor do projecto com a opção de expansão.....	52
5 – Conclusão .....	53
Referências Bibliográficas .....	55
Apêndices.....	58
Apêndice I – Resultados da aplicação do modelo de opções reais.....	58

## Lista de figuras

FIGURA 1 - Produção de Biogás na EU por origem em 2009 .....	8
FIGURA 2 - Formas de utilização do Biogás .....	10
FIGURA 3 - Circuito de Injecção de Biogás na Rede de Gás Natural .....	11
FIGURA 4 - As seis alavancas das opções financeiras e opções reais.....	25
FIGURA 5 - Modelo binomial para o preço de um activo para um período ..	28
FIGURA 6 – Modelo binomial: o valor da opção para um período.....	29
FIGURA 7 - 4 passos para avaliar opções reais.....	31
FIGURA 8 – Adequação de técnicas à Avaliação de projectos .....	34
FIGURA 9 – Esquema de produção do biometano.....	36
FIGURA 10 – Cronograma de aplicação das opções reais .....	50

## Lista de gráficos

GRÁFICO 1 - Consumo de energia primária: total e por tipo de fonte de energia.....	3
GRÁFICO 2 - Evolução da energia produzida através de fontes renováveis (TWH) .....	4
GRÁFICO 3 - Produção e consumo de gás natural na UE (1970-2007) .....	11
GRÁFICO 4 - Produção de energia primária biogás por habitante (toe/1000hab.) para cada país da UE em 2009 .....	13
GRÁFICO 5 - Popularidade dos métodos de avaliação.....	17
GRÁFICO 6 – Análise do ponto crítico .....	49

## Lista de tabelas

TABELA 1 - Importação/(re) exportação de energia (2007/2009).....	4
TABELA 2 - Produção de energia eléctrica a partir de fontes de energia renovável - comparação com países da OCDE.....	5
TABELA 3 - Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW) Portugal Continental.....	6
TABELA 4 - Biogás e produção de electricidade .....	9
TABELA 5 - Cálculo do potencial de biogás com origem em resíduos orgânicos e cereais.....	14
TABELA 6 – Modelos DCF assunções vs realidades .....	33
TABELA 7 – Investimento e Financiamento .....	38
TABELA 8 – Investimento em activos fixos .....	39
TABELA 9 – Regime de funcionamento da instalação .....	41
TABELA 10 – Pressupostos macroeconómicos e fiscais .....	42
TABELA 11 – Proveitos operacionais.....	44
TABELA 12 – Custos operacionais.....	46
TABELA 13 – Capital circulante.....	46
TABELA 14 – Cash flow do Projecto .....	48
TABELA 15 – Resultados dos métodos tradicionais de avaliação.....	48
TABELA 16 – Impacto de variações da taxa de desconto no VAL .....	49
TABELA 17 – As premissas da avaliação por opções reais .....	51
TABELA 18 - Impacto da volatilidade no VP com opção expansão.....	52

## **Glossário**

AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal

CAPM - *Capital Asset Pricing Model*

CFO - *Chief financial Officers*

CVO - Central de Valorização Orgânica

DCF – *Discounted Cash Flow*

DGGE - Direcção Geral de Geologia e Energia

FER – Fontes de Energia Renovável

KTOE – *Thousand Tons of Oil Equivalent*

NPV – *Net Present Value*

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PIN - Projectos de Potencial Interesse Nacional

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

UE – União Europeia

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

WACC - *Weighted Average Cost of Capital*

## 0 – Introdução

Em anos recentes, a temática das energias renováveis tem ganho importância devido à crescente preocupação com a envolvente ambiental. As sociedades e os estados criaram condições favoráveis ao aparecimento de projectos que promovam a energia limpa em detrimento da energia de origem fóssil, mais poluente e mais escassa.

No enquadramento da realidade das energias renováveis, pretendemos avaliar o seu estado actual, compreender as variáveis e a sua envolvente, descobrindo dinâmicas e estratégias de futuro.

No percurso de investigação realizado, passámos por uma etapa inicial de conhecer e estudar a problemática que envolve as energias renováveis. De seguida, fizemos a revisão da literatura sobre avaliação de projectos. Chegamos a este ponto, possuíamos os instrumentos necessários para desenvolvimento do nosso estudo de caso. Para o efeito, tivemos a disponibilidade da *Dourogás* que nos forneceu os dados reais de um projecto.

Em termos concretos, a nossa análise recai sobre a produção de biogás com a sua aplicação na criação de biometano. Trata-se de uma fonte de energia renovável que possui os mesmos usos que o gás natural, conciliando política ambiental e política de gestão de resíduos.

Conjugando todos os indicadores de avaliação, pretendemos aferir a viabilidade do projecto. Contendo algumas características como a flexibilidade e a irreversibilidade do investimento, faremos a avaliação sob a óptica das opções reais.

## **1 – As Energias Renováveis**

Nos dias de hoje assistimos à necessidade e vontade de diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> que levam ao aquecimento global. Paralelamente, pelo desenvolvimento de novas economias, projecta-se um aumento estimado da procura por energia de cerca de 45% em 2030 (International Energy Agency & OECD 2010).

O Presidente dos Estados Unidos da América no seu discurso de tomada de posse, primeiro momento solene do seu mandato, manifesta a vontade política das nações avançarem nas energias renováveis: *“We will harness the sun and the winds and the soil to fuel our cars and run our factories. And we will transform our schools and colleges and universities to meet the demands of a new age”* (Obama, 2010).

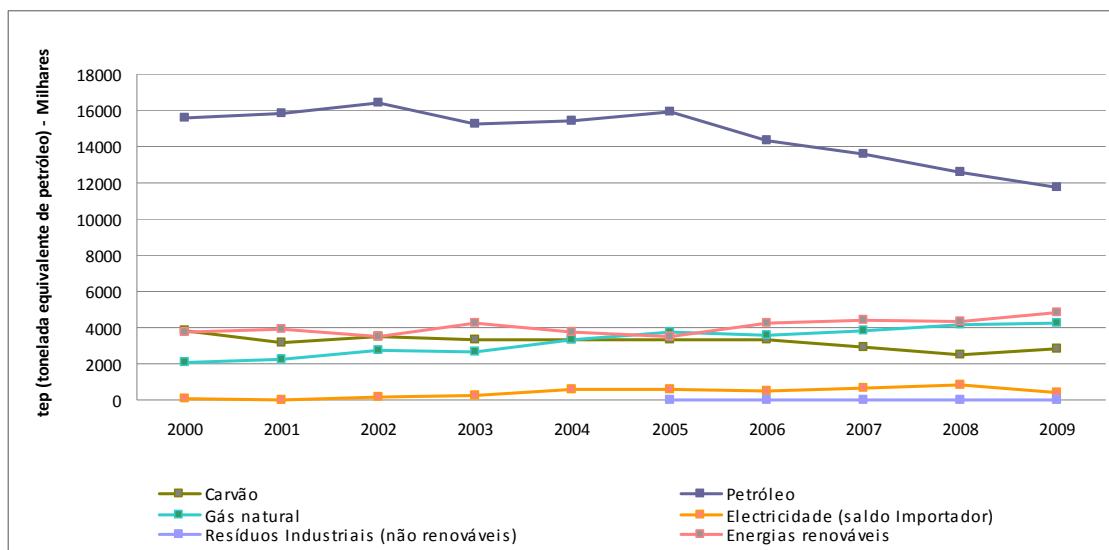
As energias não renováveis, que constituíram os alicerces das economias desenvolvidas desde a revolução industrial, criaram esta envolvente favorável ao surgimento de novos projectos baseados em energias renováveis.

### **O caso de Portugal**

Portugal partilha o enquadramento mundial com a necessidade de mudar o seu paradigma a nível energético e, conseqüentemente, a sua matriz energética.

Começamos pelo consumo. Em linha com o objectivo de aumento das energias renováveis, registamos uma evolução positiva, cresceram de 14,8% em 2000 para 20,1% em 2009, em detrimento das energias não renováveis. Estas, porém, mantêm uma percentagem elevada do consumo total com 77,5%.

## GRÁFICO 1 - Consumo de energia primária: total e por tipo de fonte de energia



Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia, Dezembro 2010

Os sinais de melhoria estão igualmente reflectidos na factura energética do país, com o saldo importador de produtos energéticos de 2008 para 2009 a diminuir em 40%, de 8264 M€ para 4960 M€. Este progresso tem subjacentes dois efeitos: a diminuição das quantidades importadas de produtos energéticos e o aumento das exportações de refinados e energia eléctrica.

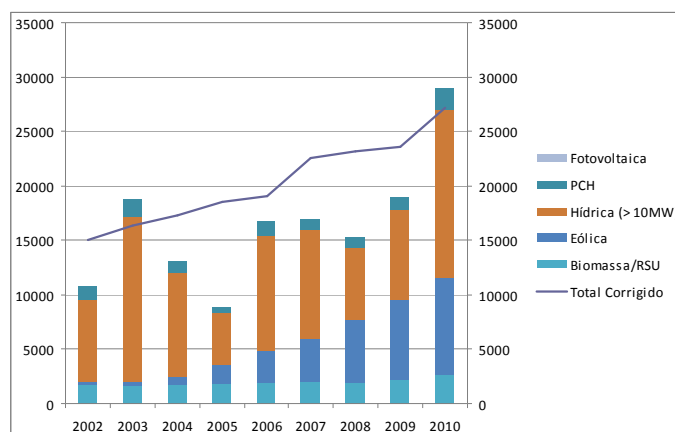
**TABELA 1 - Importação/(re) exportação de energia (2007/2009)**

RUBRICAS	Unidade	2007	2008	Δ% 2008/2007	2009	Δ% 2009/2008
1. Importação de Petróleo Bruto e Refinados	10 <sup>3</sup> t	16410	16415	0	14816	-9,7
	10 <sup>6</sup> t USD	8847	11790	33,3	6737	-42,9
	10 <sup>6</sup> t EURO	6476	8018	23,8	4836	-39,7
1.1. Petróleo Bruto	10 <sup>3</sup> t	12350	12102	-2	10291	-15
	10 <sup>6</sup> t USD	6347	8897	40,2	4676	-47,4
	10 <sup>6</sup> t EURO	4652	6051	30,1	3357	-44,5
1.2. Refinados	10 <sup>3</sup> t	4061	4313	6,2	4525	4,9
	10 <sup>6</sup> t USD	2500	2892	15,7	2060	-28,8
	10 <sup>6</sup> t EURO	1824	1967	7,8	1479	-24,8
2. Importação de Energia Eléctrica	GWh	8361	9478	13,4	5614	-40,8
	10 <sup>6</sup> t USD	528	937	77,4	345	-63,1
	10 <sup>6</sup> t EURO	385	637	65,3	248	-61,1
3. Importação de Hulha	10 <sup>3</sup> t	4750	4022	-15,3	5029	25
	10 <sup>6</sup> t USD	367	568	54,6	416	-26,7
	10 <sup>6</sup> t EURO	268	386	44	299	-22,7
4. Importação de Coque de Carvão e Antracite	10 <sup>3</sup> t	50	53	6	26	-51,6
	10 <sup>6</sup> t USD	n.d	n.d		38	
	10 <sup>6</sup> t EURO	n.d	n.d		27	
5. Importação de Gás Natural	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (N)	4753	5711	20,2	4855	-15
	10 <sup>6</sup> t USD	1218	1837	50,8	1386	-24,5
	10 <sup>6</sup> t EURO	889	1249	40,5	995	-20,3
6. Importação Total (1+2+3+4+5)	10 <sup>6</sup> t USD	10960	15131	38,1	8922	-41
	10 <sup>6</sup> t EURO	8018	10290	28,3	6405	-37,8
7. (Re)Exportação de Refinados	10 <sup>3</sup> t	3543	3557	0,4	3686	3,6
	10 <sup>6</sup> t USD	2025	2975	46,9	1976	-33,6
	10 <sup>6</sup> t EURO	1478	2023	36,9	1418	-29,9
8. Exportação de Energia Eléctrica	(GWh)	1907	40	-97,9	701	1652,3
	10 <sup>6</sup> t USD	110	4	-96,3	36	795
	10 <sup>6</sup> t EURO	80	3	-96,6	26	844,8
9. Saldo Importador de Energia (6-7-8)	10 <sup>6</sup> t USD	8825	12152	37,7	6910	-43,1
	10 <sup>6</sup> t EURO	6460	8264	27,9	4960	-40

Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia, 2010

Esta dinâmica foi suportada por um aumento da oferta de energia a partir de fontes de energia renovável (FER), como fica demonstrado no gráfico 2.

**GRÁFICO 2 - Evolução da energia produzida através de fontes renováveis (TWH)**



Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia, Dezembro 2010

Para avaliar a performance portuguesa entre os nossos pares, UE e OCDE, fazemos uma breve comparação, analisando a produção de energia eléctrica.

**TABELA 2 - Produção de energia eléctrica a partir de fontes de energia renovável - comparação com países da OCDE**

Países	Total 2008 TWh	FER 1999 GWh	FER 2008 GWh	% FER 1999	% FER 2008	Peso (%) em 2008				$\Delta\%$ FER 08/99
						Hídrica	Eólica	Biomassa + Biogás	Outras	
Austria	71.7	43823	44179	74.9	61.6	85.3	4.5	4.5	0.0	0.8
Suécia	147.7	74953	80296	50.8	54.4	85.7	2.5	2.5	0.0	7.1
Finlândia	89.9	21525	26339	26.7	29.3	65.0	1.0	1.0	0.0	22.4
Dinamarca	37.8	4860	10422	13.3	27.6	0.2	66.5	66.5	0.0	114.4
Portugal	55.2	8860	14649	21.4	26.5	46.6	39.1	39.1	1.6	65.3
Espanha	298.1	30660	60537	14.3	20.3	38.5	52.0	52.0	4.1	97.4
Itália	357.5	58423	57537	19.0	16.1	69.5	11.2	11.2	9.9	-1.5
Alemanha	613.2	37211	91607	6.7	14.9	22.8	44.1	44.1	4.4	146.2
França	526.5	80827	74019	17.5	14.1	86.2	7.7	7.7	0.7	-8.4
Irlanda	29.4	1368	3507	6.1	11.9	27.6	68.7	68.7	0.0	156.4
Holanda	123.4	4873	9483	4.6	7.7	1.1	44.9	44.9	0.4	94.6
Grécia	65.0	5187	4341	10.4	6.7	57.4	38.3	38.3	0.1	-16.3
Reino Unido	401.3	13076	22023	3.4	5.5	22.8	32.3	32.3	0.1	68.4
Bélgica	95.1	2703	4436	3.2	4.7	9.2	14.0	14.0	0.9	64.1
Luxemburgo	7.9	816	265	12.6	3.4	45.7	23.0	23.0	7.5	-67.5
<b>Total UE 15</b>	<b>2920</b>	<b>389165</b>	<b>503640</b>	<b>15.2</b>	<b>17.2</b>	<b>57.1</b>	<b>23.2</b>	<b>23.2</b>	<b>2.6</b>	<b>29.4</b>
Nova Zelândia	43.8	26747	28124	70.2	64.2	79.3	3.8	3.8	14.9	5.1
Canadá	600.2	353538	384410	64.5	64.0	96.9	0.8	0.8	0.0	8.7
México	257.2	38955	49248	20.2	19.1	79.0	0.5	0.5	14.3	26.4
Turquia	198.3	34930	34330	29.5	17.3	97.0	2.3	2.3	0.3	-1.7
Estados Unidos	4387.4	389079	431206	9.8	9.8	70.1	12.2	12.2	4.0	10.8
Japão	1085.2	121972	95906	11.4	8.8	77.4	3.0	3.0	2.9	-21.4
Austrália	265.7	18118	18468	8.9	7.0	65.5	17.8	17.8	0.1	1.9
Coreia	443.0	6470	4379	2.4	1.0	70.1	8.7	8.7	6.0	-32.3

Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia, Dezembro 2010

Portugal é o 7º país da UE de 15, como reportado na tabela supra, na evolução da percentagem de fontes de energia renovável (FER) em relação à energia eléctrica produzida. Isto traduz um 5º lugar em 2008 na percentagem de energia eléctrica a partir de FER.

Apesar desta boa evolução, o Balanço energético Português é muito dependente das energias fósseis que originam do exterior. No entanto o quadro de substituição de energias a favor das renováveis está a ser criado, como podemos verificar pela capacidade instalada no país:

**TABELA 3 - Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW) Portugal Continental**

Fonte de energia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TCMA
Hídrica Total	4288	4292	4561	4752	4784	4787	4792	4821	4837	1.5%
Grande Hídrica (>30MW)	3783	3783	4043	4234	4234	4234	4234	4234	4234	1.4%
PCH (>10 e <=30 MW)	251	251	251	232	263	263	263	263	263	0.6%
PCH (<=10 MW)	254	258	267	286	287	290	295	324	340	3.7%
Eólica	175	253	537	1047	1681	2446	3012	3566	3937	47.6%
Biomassa (c/ cogeração)	372	352	357	357	357	.	357	359	360	-0.4%
Biomassa (s/ cogeração)	8	8	12	12	24	24	24	101	106	38.1%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0.0%
Biogás	1.0	1.0	7.0	8.2	8.2	12.4	12.4	20.0	28.0	51.7%
Fotovoltaica	1.5	2.1	2.7	2.9	3.4	14.5	58.5	115.2	129.8	74.6%
Ondas/Marés							4.2	4.2	4.2	
<b>Total</b>	<b>4934</b>	<b>4996</b>	<b>5565</b>	<b>6267</b>	<b>6946</b>	<b>7729</b>	<b>8348</b>	<b>9074</b>	<b>9490</b>	<b>9.1%</b>

Fonte: Direcção Geral de Energia e Geologia, Dezembro 2010

Podemos ver que a taxa de crescimento anual entre 2002 e 2010 é próxima dos 9,1%. Este valor é fruto de um cumprimento da política nacional e europeia para se atingir a meta global de incorporação de FER no consumo total de energia final de 31% imposta pela Comissão Europeia no Roteiro Nacional das Energias Renováveis, aplicação da Directiva 2009/28/CE. O total da capacidade instalada foi 9490MW, destacando-se o crescimento da energia Fotovoltaica e do Biogás.

## 1.1 – Biogás

### Conceito teórico

De acordo com o dicionário Merriam Webster, o termo biogás foi conhecido em 1971 e é definido como “Uma mistura de metano e dióxido de carbono produzido pela decomposição bacteriana de resíduos orgânicos e utilizado como combustível”. Pela sua definição, conseguimos perceber a importância recente desta energia para os países europeus. O biogás permite ir ao encontro de duas questões europeias urgentes: a gestão de resíduos

orgânicos<sup>1</sup>, onde o objectivo é diminuir os resíduos em aterros, estimular a reciclagem e recuperação dos mesmos; e as energias renováveis<sup>2</sup>, com o objectivo de aumentar a percentagem de energias renováveis no consumo final energético.

O panorama europeu da utilização desta energia pode ser observado na figura nº 1. O crescimento europeu é muito heterogéneo e, no caso português, o crescimento é pequeno.

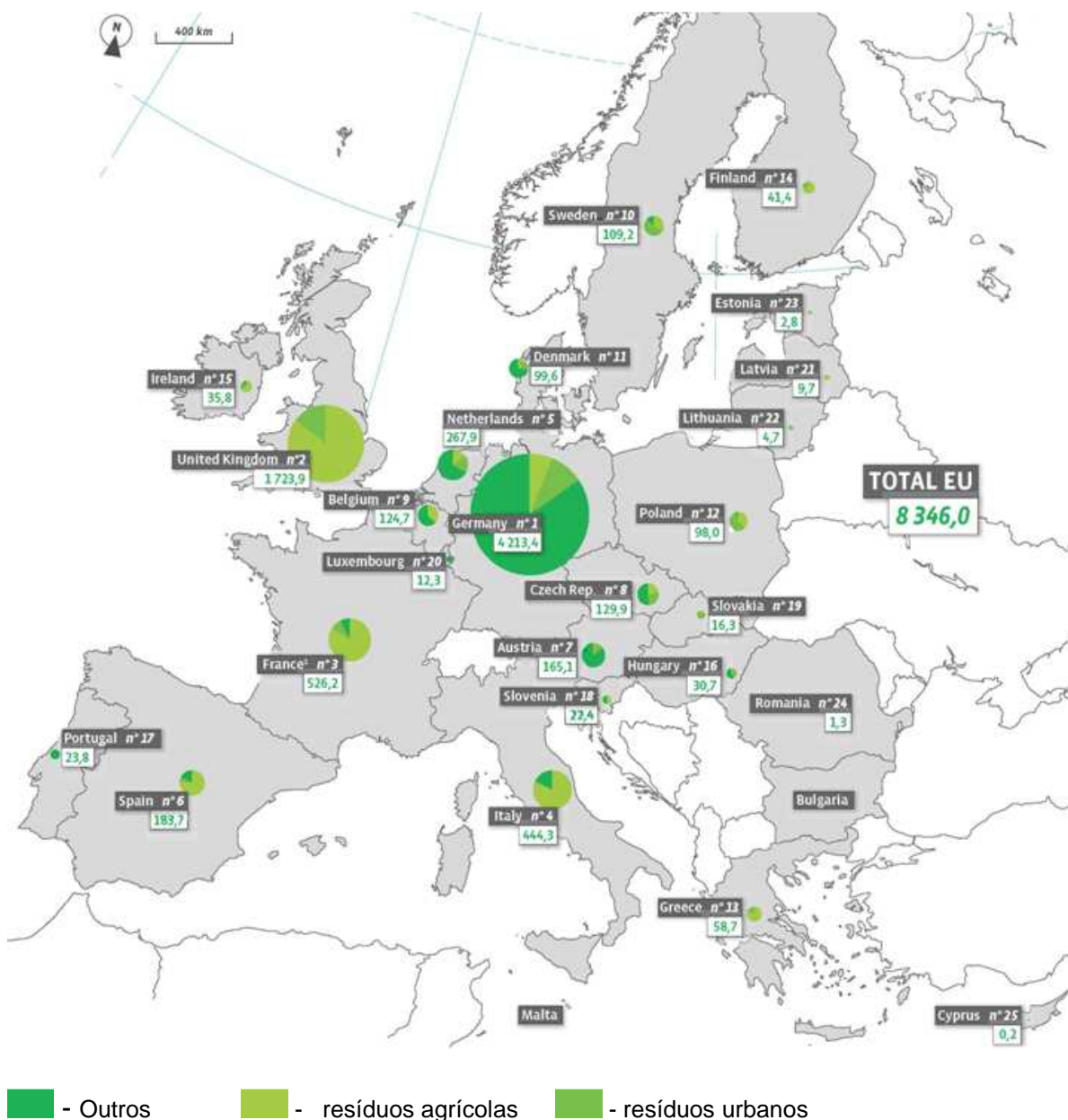
Em termos de metanização de gás existem 3 canais de produção convencionados: aterros (metanização passiva), estações de tratamento de águas urbanas e industriais e centrais de metanização, criadas para tratar resíduos agrícolas ou resíduos urbanos.

---

<sup>1</sup> Directiva 1999/31/CE sobre aterros de resíduos

<sup>2</sup> Directiva 2009/28/CE

**FIGURA 1 - Produção de Biogás na EU por origem em 2009**



Fonte: EurObserv'ER, November 2010

A utilização principal da valorização do biogás é a produção de electricidade. Na tabela nº4, podemos ver a evolução desta produção entre o ano de 2008 e 2009.

**TABELA 4 - Biogás e produção de electricidade**

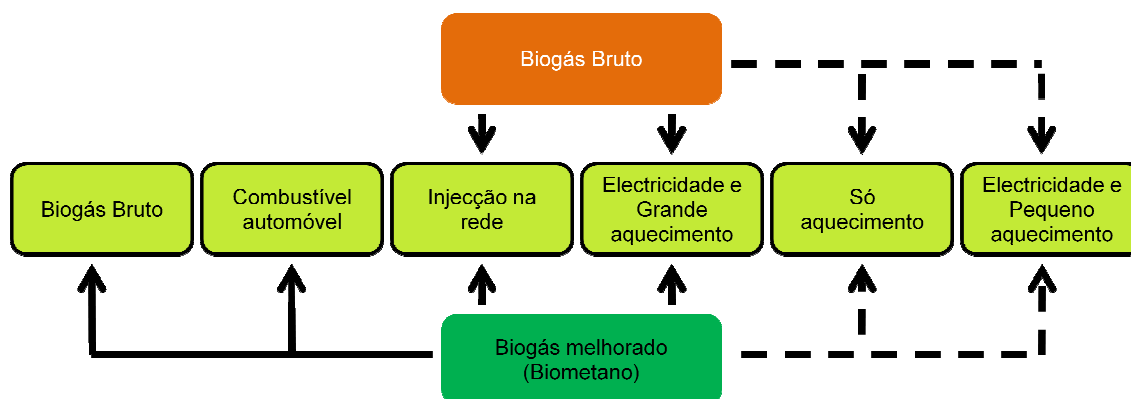
Produção bruta de electricidade a partir do biogás nas União europeia em 2008 e 2009 (GWh)						
Em ktoe	2008			2009*		
	Só Centrais electricas	Centrais a funcionar em cogeração	Total centrais de electricidade	Só Centrais electricas	Centrais a funcionar em cogeração	Total centrais de electricidade
Alemanha	8 837,00	1 142,00	9 979,00	11 325,00	1 237,00	12 562,00
Reino Unido	4 844,90	460	5 304,90	5 064,70	526,8	5 591,50
Itália	1 290,80	308,7	1 599,50	1 374,10	365,5	1 739,60
Holanda	83	651	734	82	833	915
França**	605,6	94,7	700,3	671,4	175	846,4
Austria	557	45	602	602	36	638
Espanha	540	44	584	479	48	527
Bélgica	174,2	159,1	333,3	175,2	286,7	461,8
Rep. Checa	63,2	203,7	266,9	241,6	199,6	441,3
Dinamarca	1,5	297,2	298,7	1,3	323,5	324,7
Polónia	0	251,6	251,6	0	319,2	319,2
Grécia	171	20,3	191,3	183,5	34	217,5
Irlanda	110	17	127	100	17	117
Hungria	0	68,2	68,2	0	95,2	95,2
Portugal	63	8	71	73	10	83
Eslovénia	9,7	46,2	55,9	9,7	59,2	68,8
Luxemburgo	0	43,8	43,8	0	53,4	53,4
Letónia	2,3	37,3	39,6	3	42	45
Suécia	0	30	30	0	34	34
Finlândia	0	29	29	0	31	31
Eslováquia	1	14	15	1	20	21
Lituânia	0	9	9	0	15	15
Chipre	0	12	12	0	12	12
Estónia	9,3	0	9,3	10	0	10
Roménia	1	0	1	1	0	1
<b>União Europeia</b>	<b>17 364,50</b>	<b>3 991,80</b>	<b>21 356,30</b>	<b>20 397,40</b>	<b>4 773,00</b>	<b>25 170,4 1</b>

Fonte: EurObserv'ER, November 2010

Portugal regista uma evolução de 31,7% na produção total de electricidade. Em termos comparativos, a produção portuguesa representa 0,6% da produção alemã em 2009, país com o desenvolvimento maior nesta energia representando, metade da produção da UE.

Devido à flexibilidade desta energia, as suas utilizações são diversas como podemos perceber pelo seguinte esquema:

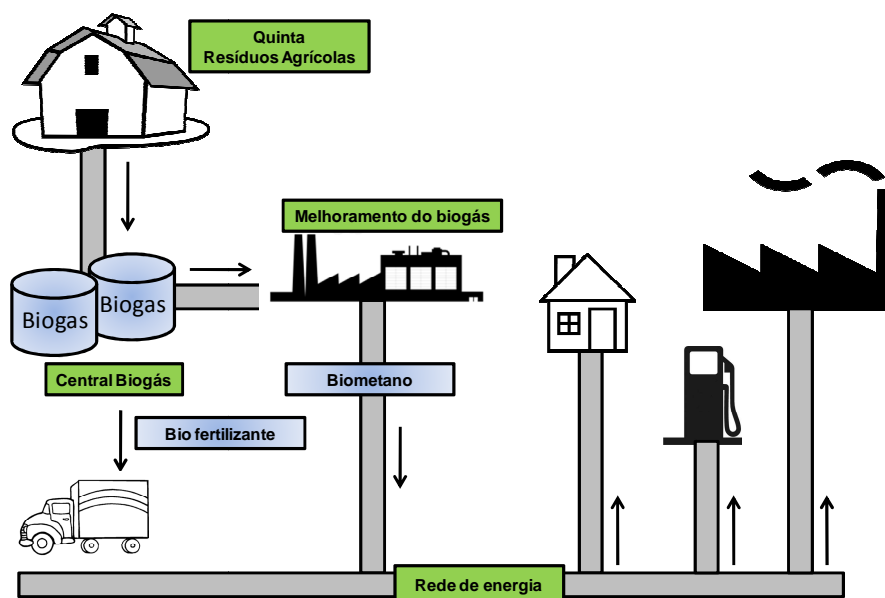
**FIGURA 2 - Formas de utilização do Biogás**



Fonte: European Biomass Association, October 2009

Sendo uma mistura, o biogás pode ser trabalhado até ao patamar de qualidade equivalente ao gás natural. As técnicas para o melhoramento do biogás são de custo elevado para a sua produção. No entanto, será expectável que, com o aperfeiçoamento das mesmas e o aumento de escala de produção, os custos inerentes diminuam. Desta forma, este gás pode ser um substituto do gás natural a um custo competitivo. Simultaneamente, a distribuição desta energia pode usar todo o circuito existente do gás natural, disponibilizando-a quer para o pequeno consumidor quer para o consumidor industrial. Esta situação pode ser ilustrada pelo seguinte esquema:

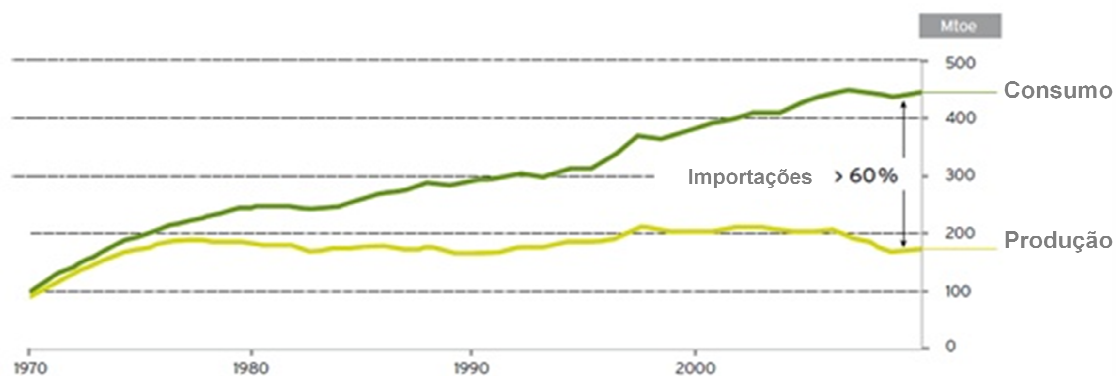
**FIGURA 3 - Circuito de Injeção de Biogás na Rede de Gás Natural**



Fonte: European Biomass Association, October 2009

O déficit de produção de gás natural que a UE possui, torna este uso do biogás relevante. A situação é ilustrada pelo gráfico nº3.

**GRÁFICO 3 - Produção e consumo de gás natural na UE (1970-2007)**



Fonte: European Biomass Association, October 2009

O gráfico demonstra a existência de uma tendência de aumento desta diferença ao longo dos anos.

## **Vantagens e desvantagens do Biogás**

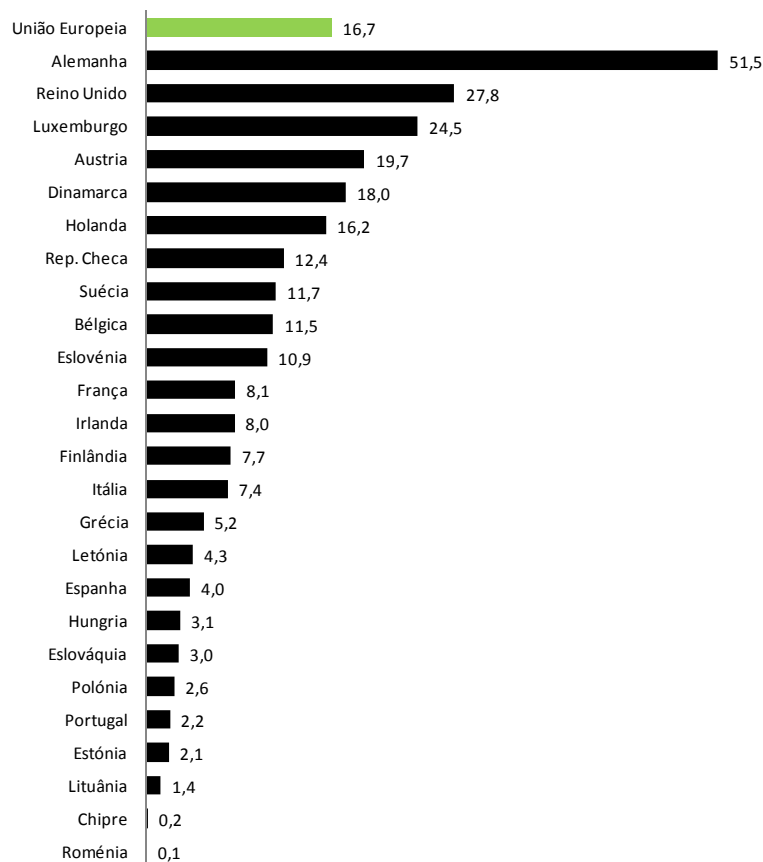
O biogás é uma fonte de energia renovável abundante que produz um combustível de alta qualidade, ecologicamente correcto, cujos resíduos resultantes são passíveis de utilização como fertilizantes ricos em nutrientes, livre de microrganismos patogénicos. Maximiza os benefícios da reciclagem e reaproveitamento da matéria orgânica. Ao mesmo tempo, reduz a dependência energética e as emissões de dióxido de carbono e metano para a atmosfera.

Todavia, é uma energia com elevados custos de exploração, manutenção e investimento. Semelhante ao que acontece noutras energias renováveis, não há capacidade tecnológica de armazenamento da energia, excepto em baterias que é bastante dispendioso.

### **1.2 - Cenários de futuro do Biogás**

Como podemos ver pelo gráfico nº 4, o processo de desenvolvimento do biogás é muito diferente nos países da UE. No entanto, a atenção que esta bioenergia está a colher poderá acelerar o ritmo de crescimento, vejamos o panorama europeu neste apartado.

#### GRÁFICO 4 - Produção de energia primária biogás por habitante (toe/1000hab.) para cada país da UE em 2009



Fonte: EurObserv'ER November 2010

A Alemanha lidera os progressos no desenvolvimento desta energia, acompanhada por mais 4 países, Reino Unido, Luxemburgo, Áustria e Dinamarca, com valores por habitante superiores ao da média europeia. Portugal é o vigésimo primeiro na produção por habitante e em termos relativos está com menos 86% de produção por habitante do que a média da UE.

A proveniência dos resíduos orgânicos subjacentes ao biogás são as actividades inerentes ao dia-a-dia das populações, actividades agrícolas e de consumo. O tratamento de resíduos agrícolas, o tratamento de águas residuais e o tratamento de desperdícios industriais são exemplos de matéria-prima para a criação deste gás. Esta diversidade de origem é um grande atractivo e motor

para o desenvolvimento presente e futuro da energia, que consegue envolver a política de resíduos, a política energética e até a política agrícola dentro da UE.

**TABELA 5 - Cálculo do potencial de biogás com origem em resíduos orgânicos e cereais**

País	Terra arável	Biogas potencial	Total de resíduos orgânicos de plantações	Biogas potencial de resíduos orgânicos	Total biogas potencial
	5 % terra; taxa 5t/há	Gado e suínos Mt	35 % resíduos orgânicos	5 % terra & 35 % res. Orgânicos	
Unidade	1000 ha	Mtoe	Mt	Mtoe	Mtoe
Austria	1382	0,3	34	0,13	0,43
Bélgica	840	0,18	48,6	0,19	0,37
Bulgária	3086	0,66	10,7	0,04	0,71
Chipre	115	0,02	1,7	0,01	0,03
Rep. Checa	3032	0,65	24,6	0,1	0,75
Dinamarca	2306	0,5	47,2	0,18	0,68
Estónia	598	0,13	4,1	0,02	0,14
Finlândia	2253	0,49	15,7	0,06	0,55
França	18433	3,97	299,1	1,16	5,13
Alemanha	11877	2,56	225,8	0,88	3,43
Grécia	2548	0,55	10,5	0,04	0,59
Hungria	4592	0,99	17,2	0,07	1,06
Irlanda	1060	0,23	97,2	0,38	0,61
Itália	7171	1,55	102,9	0,4	1,94
Letónia	1188	0,26	6,1	0,02	0,28
Lituânia	1835	0,4	13,9	0,05	0,45
Luxemburgo	61	0,01	2,9	0,01	0,02
Malta	8	0	0,4	0	0
Holanda	1059	0,23	73,7	0,29	0,51
Polónia	12502	2,69	113,4	0,44	3,13
Portugal	1083	0,23	24	0,09	0,33
Roménia	8553	1,84	53,8	0,21	2,05
Eslováquia	1377	0,3	9,2	0,04	0,33
Eslovénia	177	0,04	7,4	0,03	0,07
Espanha	12700	2,74	138,6	0,54	3,27
Suécia	2643	0,57	25	0,1	0,67
Reino Unido	6085	1,31	149,3	0,58	1,89
<b>União Europeia</b>	<b>108564</b>	<b>23,39</b>	<b>1556,9</b>	<b>6,04</b>	<b>29,43</b>

Fonte: European Biomass Association, October 2009

A tabela nº 5 mostra-nos que o potencial de Portugal para a produção de biogás representa 1386% de crescimento em relação ao valor da produção de 2009 que foi de 23,8 kTOE.

Para evidenciar a aplicação desta energia à realidade do dia-a-dia, quando pesquisámos o biogás, encontramos muitos projectos com diversas aplicações como; um projecto brasileiro de automóvel movido a biogás, um projecto americano de tornar quintas auto-sustentáveis no consumo de electricidade através da produção a partir do biogás e o projecto de cinco cidades europeias de produção de biometano a partir de resíduos sólidos urbanos e de utilização do gás resultante para alimentar a rede de gás natural<sup>3</sup>, entre outros projectos de aplicação prática desta bioenergia.

Deste modo, pretendemos mostrar o estado das energias renováveis em Portugal salientando a importância do Biogás no presente e apontando o seu potencial de futuro.

Na secção seguinte faremos o enquadramento dos métodos de avaliação de projectos com o objectivo de avaliarmos um projecto de investimento nesta área.

---

<sup>3</sup> Disponível em <http://www.urbanbiogas.eu/images/pdf/UrbanBiogas-slides-2011-07-15.pdf> acesso dia 10-03-2012 às 10h00.

## 2 – Indicadores de avaliação e selecção de investimentos

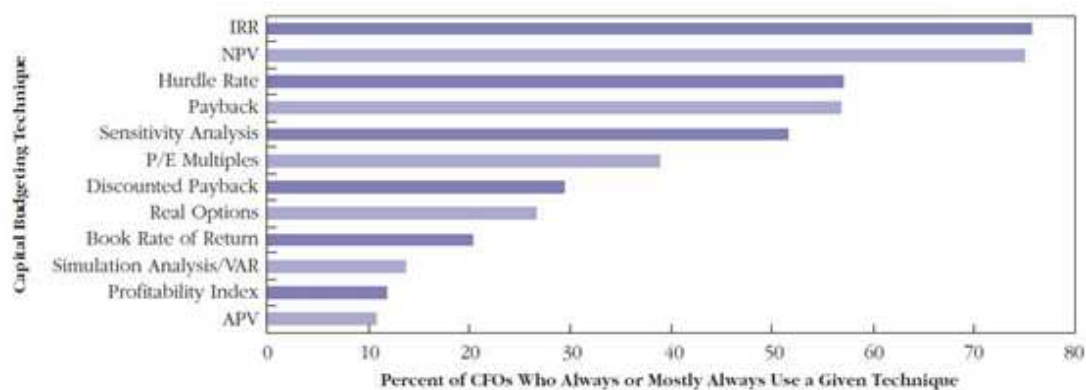
A economia define investimento como o acto de incorrer num custo no presente na expectativa de recompensas futuras (Dixit e Pindyck, 1994). Devido a esta criação de valor, a decisão de investimento capta a atenção do mundo real e do mundo académico, sendo estudada quer por gestores quer por académicos (Brandão e Dyer, 2005). No seu essencial, a técnica de avaliação de investimentos no séc. XX manteve-se inalterada até à década de 70, provinha de uma adaptação simples do modelo de avaliação em incerteza de Fisher (1907). De acordo com esta técnica, os *cash flows* esperados são descontados a uma taxa que se considere apropriada ao seu risco, convertendo-os num valor actual que é comparado com o custo do projecto (Brennan e Schwartz, 1985). A introdução do método de desconto de *cash flows* nas empresas data da década de 50 e foi considerada uma melhoria pela necessidade de tabelas de valores presentes. Apesar das vantagens em relação ao método mais popular, o *payback*, a sua adopção no uso só aconteceu após o desenvolvimento de máquinas de calcular portáteis e computadores que automatizaram os cálculos financeiros inerentes ao modelo (Brandão e Dyer, 2005). Na década de 70, surgiu o trabalho desenvolvido por Black e Scholes (1973) e por Merton (1973) na avaliação de activos financeiros que criou a base para a aplicação destes métodos de avaliação nos activos reais. Estes métodos adicionaram o valor da flexibilidade da gestão ao tradicional desconto de *cash flows* (Brandão e Dyer, 2005).

Na sua maioria, as decisões de investimento possuem 3 características em diferentes níveis. A primeira é a irreversibilidade, pois parte do custo inicial do investimento é custo afundado e se mudarmos de ideias não o recuperamos na totalidade. A segunda é a incerteza sobre a recompensa futura. A terceira é a temporização, pois podemos ter alguma margem de espera para nova informação sobre o investimento condicionado a altura de decidir mas não indefinidamente. A interacção destas 3 características determinará a decisão óptima do investidor (Dixit e Pindyck, 1994).

Graham e Harvey (2001) num inquérito feito a empresas da *Fortune* 500 tentam espelhar a realidade na aplicação dos métodos de avaliação, custo de capital e estrutura de capital. No caso dos métodos de avaliação, a análise abrangeu desde os métodos mais tradicionais como o *payback*, período de recuperação do capital, a *Internal Rate of Return* (IRR), taxa interna de rentabilidade até aos mais recentes como as *Real Options*, opções reais.

Ao longo do trabalho, veremos como a popularidade pode ser justificada pelas características dos principais indicadores relevantes para a nossa análise de caso.

### GRÁFICO 5 - Popularidade dos métodos de avaliação



Fonte: Graham e Harvey (2001)

### 2.1 – Valor Actualizado Líquido (VAL)

Na ausência de flexibilidade de gestão, o VAL é o método mais consistente com o objectivo da empresa de maximizar a riqueza dos accionistas (Trigeorgis, 1996). Como evidenciado pelo estudo de Graham e Harvey (2001), outros métodos alternativos (tais como a taxa interna de retorno e período de recuperação do capital), apesar de amplamente utilizados no universo empresarial, têm sido julgados como inferiores ao VAL (Trigeorgis, 1996). O VAL, também conhecido como *Net Present Value* (NPV), é o mais consensual e o mais usado dos indicadores de avaliação a par da taxa interna de rentabilidade.

Se um investimento gera maior retorno que o seu custo, os accionistas do projecto irão sempre concordar com esta decisão de investimento (Copeland e Antikarov, 2003). O VAL conjuga os recebimentos esperados do projecto com os custos esperados do projecto, é o valor actualizado, ao presente, do conjunto de *cash-flows* esperados no futuro. Como a base são valores esperados existe alguma incerteza (Brealey et al, 2001). O desconto destes *cash flows* leva em consideração o risco do projecto. Nos mercados completos, esta taxa pode ser inferida através da observação do preço de mercado de um portfolio de obrigações que replique os *cash flows* esperados em todos os estados e períodos futuros. No caso de mercado incompletos, haverá sempre em erro entre o projecto e o portfolio que o replica (Brandão e Dyer, 2005).

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I,$$

Temos CF – *Cash flow*, I – Investimento Inicial, r – taxa de desconto

A regra de decisão, se  $VAL > 0$  devemos investir.

Na sua maioria, os investidores evitam o risco sempre que não comprometam a rentabilidade (Brealey et al, 2001). Para o efeito, comparam todos os projectos em carteira, as respectivas rentabilidades esperadas e escolhem um em detrimento dos outros. Por este motivo, o investidor exige um prémio a que chamaremos custo de oportunidade do capital ou taxa de rendibilidade (r) (Brealey et al, 2001). Usaremos como o factor de actualização dos *cash flows* (r), quanto maior (menor) for o seu valor menor (maior) será o valor actualizado dos *cash-flows*.

Igualmente importante será o método para obter esta taxa. Na maioria dos projectos, com risco, usa-se como taxa de desconto ajustada pelo risco o custo médio ponderado de capital (*Weighted Average Cost of Capital – WACC*) que geralmente replica os riscos associados com o projecto. A excepção acontece quando o decisor considera que deve usar uma taxa barreira (*hurdle rate*) superior à WACC para compensar riscos, incertezas e custos de oportunidade que julga enfrentar, ao investir num projecto em particular (Brandão e Dyer, 2005) como no caso de projectos inovativos (Mun, 2002).

A WACC tem em consideração as diversas fontes de financiamento da empresa, dívida e capital próprio, representando o custo marginal depois de impostos do capital:

$$WACC = R_d(1 - T) \frac{D}{D + E} + R_e \frac{E}{D + E},$$

D e E são os valores de mercado da dívida e do capital próprio, T é a taxa de imposto,  $R_d$  é o custo da dívida e  $R_e$  é a taxa de retorno exigida pelos investidores, detentores de capital. A aplicação da WACC permite separar as decisões de investimento das decisões de financiamento (Copeland e Antikarov, 2003).

Apesar de existirem diversos modelos na teoria financeira para obtermos o custo do capital próprio, normalmente, usa-se o Capital Asset Pricing Model (CAPM) (Koller et al, 2005). Três em quatro dos CFO usam o CAPM como ferramenta para encontrar o custo do capital (Graham e Harvey, 2001).

O investidor tem em consideração dois factores pelos quais espera ser recompensado: o valor do dinheiro no tempo e o risco do projecto (Brealey et al, 2001), vejamos pela fórmula:

$$E(r_i) = r_f + \beta_i [E(r_m) - r_f]$$

temos  $E(R_i)$  = Retorno esperado no activo i

$r_f$  = taxa de retorno sem risco

$\beta_i$  = valor beta do activo i

$E(r_m)$  = retorno esperado do Mercado

Ao investirmos num activo sem risco, recebemos uma taxa de retorno sem risco que reflecte o valor do dinheiro no tempo. Quando investimos num projecto com risco, esperamos que esse risco seja remunerado com um prémio de risco. Este prémio, segundo o CAPM, é igual ao beta multiplicado pelo risco de mercado  $[E(r_m) - r_f]$ . A soma dos dois factores é o retorno esperado do activo i (Brealey et al, 2001).

O beta,  $\beta_i$ , é a sensibilidade dos retornos do activo  $i$  a variações no retorno do mercado  $r_m$  e representa a capacidade do activo diversificar ainda mais o portfolio de mercado. Activos com betas elevados têm retornos maiores, superiores ao prémio do risco de mercado (Koller et al, 2005). A forma de cálculo é:

$$\beta_i = \frac{cov(r_i; r_m)}{var(r_m)}$$

Apesar das suas limitações e críticas, o CAPM continua a ser popular porque aborda duas questões fundamentais. A primeira, o investidor só aceita mais risco se tiver um retorno maior; e a segunda, os investidores preocupam-se particularmente com o risco de mercado que não conseguem eliminar através da diversificação (Brealey et al, 2001).

Para calcular o custo da dívida consoante o caso, teremos de usar as taxas de juro depois de impostos ou calcular *yield to maturity* da dívida de médio e longo prazo (Koller et al, 2005).

A WACC como taxa de desconto é criticada por assumir que as empresas mantêm um valor constante de dívida e de rácio de alavancagem (Copeland e Tufano, 2004), Normalmente, no cálculo do custo do capital próprio, usa-se o CAPM. Este tem as suas limitações, sendo criticada a dificuldade de calcular o beta, como parte integrante da WACC, objecto de crítica (Mun, 2002). No entanto, como todos os modelos são representações simplificadas da realidade, todos necessitam de pressupostos (Copeland e Tufano, 2004). Se os tivermos em consideração, poderemos interpretar correctamente os resultados da sua aplicação.

Segundo Copeland e Antikarov (2003), Trigeorgis (1996), o decisor consegue estimar com alguma precisão os *cash-flows*, a taxa de desconto, que fica imutável ao longo do projecto e, depois de investir, toma uma atitude passiva em relação ao investimento. Na prática, quanto melhor a estimação dos *cash-flows* mais correcto estará o VAL (Brealey et al, 2001). No entanto, a avaliação também dependerá da taxa de desconto ou taxa de custo de oportunidade do

capital que, apesar de o VAL considerar igual à verdadeira taxa de retorno do reinvestimento ( $r^*$ ), por vezes, não esta situação não acontece. Por este motivo, o VAL subavalia o valor do aumento de valor do projecto (Mcglure e Girma, 2004) (Krug, 2010). Para ultrapassar esta limitação faz-se um ajustamento ao indicador, passaremos a ter o VAL ajustado, que consiste em actualizar os *cash flows* utilizando a verdadeira taxa de retorno do reinvestimento até ao último período da vida económica do projecto. Ao valor obtido chamamos valor futuro (VF).

$$VF = \sum_{t=1}^n CF_t \times (1 + r^*)^{n-t} + VR_n$$

Para completar o cálculo, descontamos este valor para o momento actual usando a taxa de custo de oportunidade do capital investido (Hsieh e Vines, 2005) (Krug, 2010).

$$VALA = \frac{VF}{(1 + r)^n} - I_0$$

Apesar da dificuldade de calcular a real taxa de retorno do reinvestimento, o indicador com este ajustamento é capaz de transmitir de uma forma mais fiel o real acréscimo de valor do investimento e do projecto no global.

## 2.2 – Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

A taxa interna de rentabilidade representa a taxa pela qual a actualização dos *cash-flows*, ao momento inicial, é igual a zero (Brealey et al, 2001).

$$\frac{\sum_{t=1}^n CF_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

O seu cálculo é através da resolução da equação apresentada em ordem à TIR. Este indicador necessita de ser confrontado com o custo de oportunidade do capital ( $r$ ) para ganhar sentido. Dessa forma, podemos responder à questão inerente à regra de decisão, o retorno do projecto é superior ou inferior ao custo de oportunidade (Brealey et al, 2001).

A regra de decisão é: se  $TIR > r$  devemos investir.

O uso da TIR e do VAL resultará na mesma decisão quando se verificam duas condições. Primeira condição, os *cash flows* são convencionais, o primeiro *cash flow* (investimento inicial) é negativo e os restantes positivos; segunda condição, o projecto é independente, a aceitação deste não condicionará decisões sobre outro. Na presença de projectos mutuamente exclusivos, a decisão pode ser diferente devido à escala ou duração dos investimentos (Ross et al, 2002).

A popularidade deste indicador (*IRR*), como demonstrado no gráfico 5, superior ao VAL pode ser justificada pela preferência na análise de investimentos da comparação de taxas de retorno, contrapondo o valor monetário (Ross et al, 2002). O facto de constituir um valor relativo e comparável permite, em termos práticos, reconhecer a mais-valia de um projecto em relação aos demais.

Existem algumas limitações na aplicação deste indicador, não conseguimos aferir a dimensão do projecto nem a sua vida útil. O uso deste indicador assume o reinvestimento dos *cash flows* sempre à mesma taxa (TIR) assim como a assunção de uma estrutura constante de taxas de custo de capital. Em ambas as situações há alguma dificuldade de verificação na realidade (Brealey et al, 2001). No sentido de ultrapassar esta limitação, tal como no VAL, o indicador pode ser ajustado, criando a taxa interna de rentabilidade ajustada (TIRA). O processo inicia-se com o cálculo do valor futuro utilizando a taxa de reinvestimento dos *cash flows*, da mesma forma que no VAL, e termina com a aplicação deste valor na forma tradicional da TIR.

$$\frac{VF}{(1 + TIRA)^n} - I = 0$$

A decisão mantém-se na comparação com o custo de oportunidade capital, mas com esta alteração, o indicador torna-se mais realista e rigoroso, diminuindo o efeito de sobrevalorização da taxa de reinvestimento dos *cash flows* (Krug, 2010).

### 2.3 – Índice de Rentabilidade(IR)

O índice de rentabilidade ou *profitability index*, também chamado de rácio de custo benefício, deriva do VAL, apresenta-nos o retorno do investimento por unidade de capital investido (Ross et al, 2002). É normalmente usado para complementar outros indicadores, quando queremos escolher entre projectos que têm VAL positivo e quando existe dentro da empresa um racionamento de capital. Este indicador, sendo uma relação entre os *cash flows* futuros e o desembolso inicial, permite-nos chegar ao valor máximo por unidade de capital desembolsado (Brealey et al, 2001).

$$IR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CFE_t}{(1+r)^t}}{CI_0}$$

A regra de decisão é  $IR > 1$  e quando aplicado a mais do que um projecto a selecção será o de máximo IR.

Como este rácio representa o valor máximo por unidade monetária, quando comparamos investimento de valores muito diferentes, este indicador tende a sobrevalorizar os de menor dimensão limitando o seu uso (Ross et al, 2002).

### 2.4 – Período de recuperação do capital (PRC) normal, médio e ajustado

O período de recuperação do capital mede a quantidade de tempo (normalmente anos) necessária para recuperar o investimento inicial. A regra de decisão passa por determinar uma quantidade de tempo específica, e os projectos que consigam um PRC inferior são escolhidos (Brealey et al, 2001).

Em termos de gestão, conseguimos entender a popularidade deste indicador, visível no estudo de Graham e Harvey (2001). Porém, identificamos algumas das dificuldades na sua aplicação. Primeira crítica ao PRC é que não toma em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo. Para ultrapassar esta

limitação introduziu-se a taxa de desconto  $r$ . Deste modo, temos o período de recuperação do capital ajustado com a actualização dos valores de *cash-flow* ao momento 0 (Ross et al, 2002).

Outra crítica é a de que os *cash-flows* após o período de recuperação não são considerados. Desta forma, projectos com *cash-flows* maiores a médio e longo prazo serão penalizados na análise e selecção.

Alguns gestores apontam este indicador como sendo o que expressa melhor a atractividade dos projectos. Como os projectos com PRC menor levam a que se atinjam lucros mais cedo, apesar de puderem ter VAL inferior, podem levar a que haja uma maior valorização/promoção da equipa de gestão. Por esta via, também se justificará a popularidade do PRC (Brealey et al, 2001).

Todavia, para ultrapassar esta limitação, criou-se o período de recuperação do capital médio. Neste caso, aferimos através dos *cash flows* futuros do projecto o número médio de anos necessários à recuperação, reembolso e remuneração à taxa de custo de oportunidade de capital do investimento inicial. (Krug, 2010).

$$PRC = \frac{n \times I_o}{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} + \frac{VR^n}{(1+r)^n}}$$

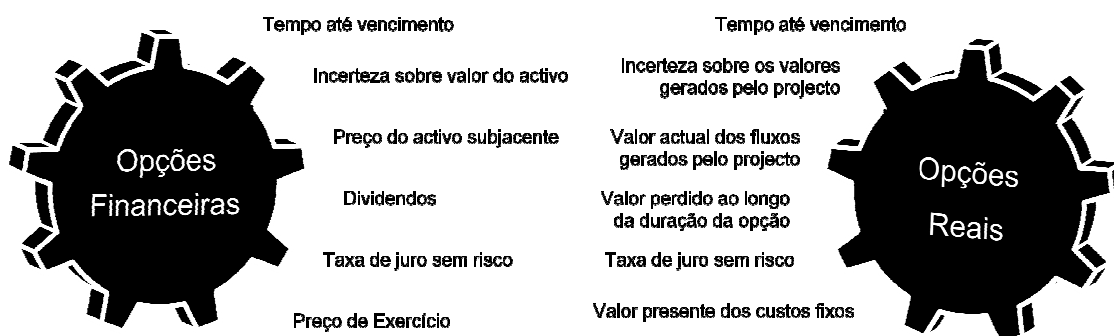
$$PRC = \frac{n \times I_o}{I_o + VAL}$$

Onde  $I_o$ = Investimento inicial,  $n$ = período de vida económica do investimento

## 2.5 – Opções reais(OR)

Na realidade, sabemos que os projectos podem ser alterados durante o seu ciclo de vida em face de percepções e expectativas diferentes quer do investidor quer do mercado (Dixit e Pindyck, 1994). O reconhecimento de que as decisões futuras, que maximizarão o valor, dependem de informação nova, disponível só depois do primeiro investimento, tem vindo a consolidar a análise de opções reais na avaliação de projectos (Triantis e Borison, 2001). A origem do termo remonta a 1977 (Myers, 1977) mas foi no trabalho desenvolvido por Black e Scholes (1973) e Merton (1973) na avaliação de activos financeiros que se criou a base para o aparecimento das opções reais (Brandão e Dyer, 2005). As semelhanças entre activos reais, com características de incerteza e flexibilidade de gestão, com os activos financeiros sugeriram a aplicação dos mesmos modelos com algumas alterações. Vejamos a analogia entre opções reais e opções financeiras:

**FIGURA 4 - As seis alavancas das opções financeiras e opções reais**



Fonte: Leslie & Michaels 1997

As alavancas de valor expostas têm impacto sobre as opções reais:

- Tempo até vencimento: mais tempo antes da decisão aumenta as possibilidades, a flexibilidade e o valor da opção.
- Incerteza sobre os valores gerados pelo projecto: quanto maior a incerteza/volatilidade sobre os valores esperados do projecto maior o valor da opção.

- Valor actual dos fluxos gerados pelo projecto: quanto maior o valor actual dos fluxos gerados pelo projecto maior será o valor da flexibilidade .
- Valor perdido ao longo da duração da opção: esperar pode ser negativo se a iniciativa for de outra empresa e, conseqüentemente, perde-se a vantagem de ser primeiro (*first-mover advantage*).
- Taxa de juro sem risco: quanto mais alta a taxa maior o valor da opção de deferimento mas pode reduzir também o valor presente dos fluxos do projecto.
- Valor presente dos custos fixos: o valor elevado de custos fixos diminui o valor da flexibilidade.

Fonte: (Koller et al, 2005)

### **2.5.1 - Principais modelos**

Na aplicação das opções reais, o factor tempo justificará as diferentes abordagens a adoptar. Se, por um lado, considerarmos tempo contínuo recorreremos ao modelo de Black & Scholes, a equações diferenciais estocásticas e simulação de Monte Carlo, por outro lado, no caso de tempo discreto, faremos uso de uma abordagem multinomial (Miller & Park, 2002).

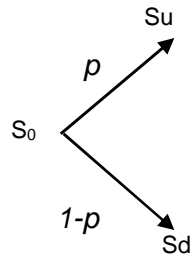
O modelo mais conhecido é o de Black & Scholes, baseado no modelo original para a avaliação de opções financeiras. É visto como um método rápido de aferir o valor de uma opção mas aplica-se a casos específicos, simples, com uma incerteza num período futuro. A sua correcta aplicação está condicionada pelos seus pressupostos (Triantis e Borison, 2001). Os três pressupostos mais importantes são: o mercado fixa o preço do activo, este mercado é eficiente e não há oportunidades de arbitragem, o valor da oportunidade subjacente, no caso de exercício, deve ter uma distribuição lognormal. Analisemos o primeiro pressuposto. No caso de opções financeiras, estamos na presença de activos transaccionáveis mas, no caso de opções reais, há activos que não são transaccionáveis, sem mercado e sem preço revelado (Copeland e Antikarov,

2003). Segundo pressuposto, na teoria de avaliação de opções financeiras, não há arbitragem mas, no caso de opções reais, trata-se de uma condição, por vezes, difícil de manter. Se há a possibilidade de replicar o portfolio para igualar perfeitamente o retorno das opções reais em qualquer situação, então, há lugar a uma oportunidade de arbitragem, quando existir uma diferença entre o preço do portfolio e as opções reais, havendo ganho sem risco. Se o valor das opções reais for elevado, vende-se as opções reais e compramos a réplica (portfolio), sendo válido na situação contrária se o preço das opções reais for baixo vendemos o portfolio e compramos as opções reais (Wang e Neufville, 2005). Último pressuposto, esta distribuição só é eficaz num número limitado de activos (Triantis e Borison, 2001).

Noutra abordagem, o modelo binomial permite uma maior flexibilidade que o modelo de Black & Scholes (Triantis e Borison, 2001) e pode ser alterado de várias formas, para reflectir mudanças de volatilidade, múltiplos pontos de decisão e situações de maior complexidade. Usa álgebra computável em folhas de cálculo básico, permitindo a decisores com alguma falta de conhecimento matemático entender e ajudar na formulação dos pressupostos e *inputs*. Esta flexibilidade e transparência possibilitam moldar e ajustar o modelo, até este reflectir o projecto que desejamos avaliar (Copeland & Tufano 2004).

Foi com o trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979) que o modelo binomial se desenvolveu. Eles chegaram à conclusão que para obter o valor de uma opção de compra era necessário ter o preço de exercício ( $X$ ), o preço do activo subjacente ( $S$ ) e a taxa de juro isenta de risco ( $r_f$ ). Analisemos só num período, o preço do activo parte do valor inicial  $S_0$  para um de dois valores futuros, Su movimento ascendente, com probabilidade de ocorrência  $p$ , ou  $S_d$  movimento descendente, com probabilidade  $q = 1 - p$ .

**FIGURA 5 - Modelo binomial para o preço de um activo para um período**



Os valores de  $u$  e  $d$  são calculados com base na volatilidade do activo subjacente sujeito ao risco ( $\sigma$ ). A letra  $p$  corresponde à probabilidade neutra ao risco.

$$\sigma = \ln\left(\frac{v_1}{v_0}\right)$$

$v_i$  = variável aleatória representativa do activo

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

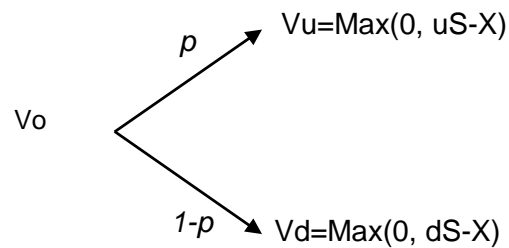
$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$p = \frac{e^{\mu} - d}{u - d}$$

Para que não haja possibilidade de arbitragem, a condição  $u > r > d$  precisa de ser cumprida, onde  $r$  é  $1 + r_f$ .

O valor da opção é calculado por *backwards induction*, do último período para o primeiro, assumindo neutralidade face ao risco. Por este motivo, os valores serão descontados no tempo à taxa isenta de risco.

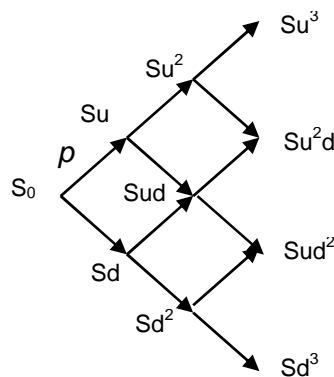
**FIGURA 6 – Modelo binomial: o valor da opção para um período**



O valor da opção de compra será:

$$V = \frac{p \times V_u + (1 - p) \times V_d}{r}$$

O modelo pode ser desenvolvido para vários períodos, com a mesma lógica que verificamos para um período.



Como podemos, ver no modelo binomial usamos probabilidades de risco neutro e descontamos à taxa isenta de risco. Em 2001, no estudo de Graham e Harvey, 26,6% dos decisores das empresas inquiridos admitem usar as opções reais.

### 2.5.2 - Taxonomia e definições

De acordo com Copeland e Antikarov (2003), “Uma opção real é o direito, mas não a obrigação, de tomar uma decisão (por exemplo: deferir, expandir, contrair ou abandonar) a um custo pré-determinado chamado preço de exercício, por

um determinado período de tempo – a maturidade de uma opção.” . Em certo sentido, as opções reais são a extensão da teoria de opções financeiras a activos reais (Amram e Kulatilaka, 1999).

No projecto que vamos analisar, encontraremos as seguintes opções:

**Opção de abandono** – opção de abandonar ou vender um projecto, por exemplo, abandonar uma mina de carvão é equivalente a uma opção de venda sobre uma acção. Se um projecto tiver uma má performance existe a opção de o abandonar ou o vender obtendo o valor da liquidação (Koller et al, 2005).

**Opção de conversão** – opção de converter o projecto para outro tipo de uso/finalidade. O decisor pode alterar o seu tipo de input bem como o seu tipo de output como resultado da flexibilidade dos processos produtivos. Esta flexibilidade advém quer por via tecnológica quer pela diversidade de fornecedores, permitindo alterar de acordo com os custos (Trigeorgis, 2002).

**Opção de expansão** – opção de aumentar a escala do projecto; por exemplo se as condições de mercado forem melhores que o previsto podemos aumentar a escala em X% com um custo de  $I_E$ . Desta forma, temos um projecto com escala inicial e uma opção de compra sobre um futuro investimento,  $V + \text{Max}(xV - I_{E,o})$ . Outro caso acontece quando as empresas compram terrenos por desenvolver ou quando constroem uma fábrica com flexibilidade noutra local nacional ou internacional, para se posicionarem num mercado atractivo. Na sua essência são opções de expansão ou crescimento (Trigeorgis, 2002).

**Opção de diferimento** – opção de adiar o projecto por um tempo determinado. Este tipo de opção é o equivalente a uma opção de compra sobre uma acção. O diferimento tem um custo de oportunidade que será determinante na decisão de diferir (Koller et al, 2005).

### 2.5.3 - Aplicações das opções reais na avaliação de recursos naturais

A primeira aplicação das opções reais em recursos naturais foi do autor Tourinho (1979), usando as opções reais para avaliar reservas de recursos naturais. Mais tarde, Brennan e Schwartz (1985) avaliaram uma mina de cobre e a interligação entre as opções reais envolvidas (Dias, 2005). Para o nosso caso de opções reais e biogás, encontramos o trabalho de Corato e Moretto (2009) onde se usam as opções reais para abordar o problema de flutuação dos custos dos *inputs* na co-digestão de centrais de biogás e o trabalho de Bartolini, Gallerani e Viaggi (2010) com a aplicação das opções reais para simular os impactos da incerteza nos preços de venda da energia e custos dos *inputs*.

### 2.5.4 - Aplicação das opções reais ao nosso estudo de caso

No nosso estudo, analisamos a viabilidade da produção de biometano através do biogás. Para o efeito, usaremos um modelo binomial pela sua flexibilidade e modularidade numa análise em tempo discreto.

Copeland e Antikarov (2003) descrevem 4 passos para avaliar opções reais:

**FIGURA 7 - 4 passos para avaliar opções reais**

Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4
Calcular o valor presente sem flexibilidade, aplicando o modelo do VAL	Modelar a incerteza criando uma árvore de eventos	Identificar e incorporar a flexibilidade de gestão criando uma árvore de decisão	Fazer a análise de opções reais
<b>Objectivo</b>	<b>Objectivo</b>	<b>Objectivo</b>	<b>Objectivo</b>
Calcular o valor sem flexibilidade será a base $t=0$	Perceber como o valor actualizado se desenvolve no tempo	Analisar a árvore de eventos para identificar e incorporar a flexibilidade de gestão perante nova informação	Avaliar o projecto usando o método algébrico e folha excel

Fonte: Copeland e Antikarov, 2003

Este projecto de investimento tem incerteza, flexibilidade e modularidade. Com efeito, conseguimos encontrar 3 opções na nossa análise, são a opção de abandono, a opção de conversão e a opção de expansão. Vejamos como se aplicam ao nosso caso:

- Opção de abandono – o investidor conseguiria reaver o valor respeitante à venda dos activos adquiridos.
- Opção de conversão – com a compra de um gerador, o biogás adquirido serviria para produzir e vender electricidade. Assumimos a tarifa regulada com variação correspondente à inflação.
- Opção de expansão – o investidor utilizaria a capacidade total instalada do projecto.

Em cada caso, o valor do projecto será formulado por:  $V(X_t, i, t) = \text{Max}(V1; \text{Op})$

$$V(X_t, i, t) = (\text{preço}(i, t) - K) * \text{Quant}(X_t, t) + \frac{p * V(\text{suc}(X_t, D_{i,t}), i, t + 1) + (1 - p) * V\text{suc}(X_t, D_{i,t}), i + 1, t + 1)}{1 + r}$$

i= estado e t= período

Op= opção de abandono, opção de conversão, opção de expansão

## 2.6 – Modelos de desconto de *cash-flow* vs opções reais

Os modelos de desconto de *cash flows* constituem um critério consistente e transparente que apresenta os mesmos resultados independentemente das preferências de risco dos investidores. São modelos com racional económico, mensuráveis, com algum grau de precisão e fáceis de explicar aos accionistas e administradores. Têm em consideração o valor temporal do dinheiro e as estruturas de risco e são comumente aceites e ensinados na teoria económica (Mun, 2002).

No entanto, têm algumas desvantagens. Vejamos o quadro:

**TABELA 6 – Modelos DCF assunções vs realidades**

DCF Assunções	Realidades
As decisões são tomadas agora, e os <i>cash flows</i> são fixos para o futuro.	incerteza e variabilidade nos resultados futuros. Nem todas as decisões são feitas hoje, algumas podem ser adiadas para o futuro, quando a incerteza deixa de existir.
Os projetos são encarados como "mini-empresas" e são intercambiáveis com empresas como um todo.	Com a inclusão dos efeitos de rede, diversificação, interdependências e de sinergias as empresas são carteiras de projetos e cash-flows resultantes. Às vezes os projectos não podem ser avaliados como projectos independentes e únicos.
Todos os projetos depois de iniciados têm uma gestão passiva.	Os projectos são geralmente geridos activamente através do seu ciclo de vida , incluindo check-points, decisões sobre opções, restrições de orçamento, etc.
Free cash flows futuros são altamente previsíveis e deterministas.	Pode ser difícil estimar os cash-flows futuros como eles são geralmente estocásticos e com risco devido à sua natureza.
Taxa de desconto utilizada no projeto é o custo de oportunidade de capital, que é proporcional ao risco não diversificável.	Existem várias fontes de riscos nos negócios com características diferentes, e alguns são diversificáveis entre projetos ou ao longo do tempo.
Todos os riscos são completamente contabilizados pelo taxa de desconto.	Risco da empresa e do projecto pode mudar durante o desenrolar de um projeto.
Todos os factores que poderiam afectar o resultado do projeto e valor para os investidores são refletidos no modelo DCF através do VAL ou da TIR.	Por causa da complexidade do projeto e as chamadas externalidades, pode ser difícil ou impossível quantificar todos os fatores em termos de cash flows incrementais. Resultados distribuídos ou extraordinários (por exemplo, visão estratégica e empreendedora atividade) podem ser significativos e estrategicamente importantes.
Factores desconhecidos, intangíveis ou imensuráveis são avaliados a zero.	Muitos dos importantes benefícios são ativos intangíveis ou posições estratégicas qualitativas.

Fonte: Mun, 2002

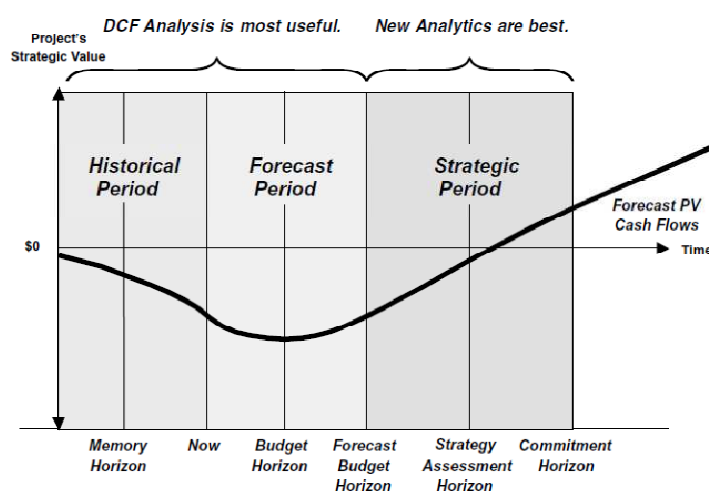
Vamos observar o caso específico do VAL e suas desvantagens. A primeira é a rigidez que apresenta quando assumimos uma taxa fixa de desconto, evidenciando que o risco inerente ao projecto se mantém constante durante a vida do projecto (Van der Maaten, 2010). A segunda é encarar o investimento com o começo imediato caso tenha um VAL positivo. Empiricamente, sabemos que podemos temporizar o começo do investimento e esta opção é negligenciada (Brennan e Schwartz, 1985). Outra desvantagem apresentada é de que alguns projectos têm opções inerentes e embutidas e com diferentes características que necessitam de diferentes taxas de desconto, algo que esta técnica de avaliação não consegue captar (Hull, 2005). Os decisores reagem à sua envolvente. No dia-a-dia, vemos que os planos são ajustados bem como as estratégias, quando confrontados com mudança, por exemplo, informação nova. Esta flexibilidade tem um valor que, no caso do VAL, não conseguimos captar pois há uma decisão de gestão estática e passiva. Nos projectos em que

a flexibilidade está presente a tendência é subestimar o VAL do projecto (Koller et al, 2005).

Com o desenvolvimento da teoria de avaliação de opções financeiras e consequente aplicação no campo dos activos reais surgiram as opções reais. A comparação com os modelos de avaliação existentes foi imediata. As críticas mais comuns foram o facto do cálculo de opções reais exigir o conhecimento de álgebra avançada, tornando-a pouco atraente e de difícil implementação, e o número de pressupostos necessários (Copeland e Tufano, 2004). No entanto, é na adaptação da teoria de opções financeiras a activos reais que há mais críticas. Como referido anteriormente, nas opções financeiras, os activos são transaccionáveis mas nas opções reais há activos que não são transaccionáveis, sem mercado e preço. Em certos activos, não existe a informação apropriada e suficiente para estimar a volatilidade que é peça chave nos modelos (Bowman e Moskowitz, 2001). A variância dos activos é conhecida e imutável no tempo só acontece no curto prazo em opções reais no longo prazo não se verifica (Damodaran, 2005). O exercício da opção é imediato nas opções financeiras nas opções reais pode implicar acções, como construir uma fábrica, que não são imediatas.

No gráfico que se segue apresentamos uma proposta de adequação das técnicas de avaliação de projectos recorrente na literatura financeira.

**FIGURA 8 – Adequação de técnicas à Avaliação de projectos**



Fonte: Mun, 2002

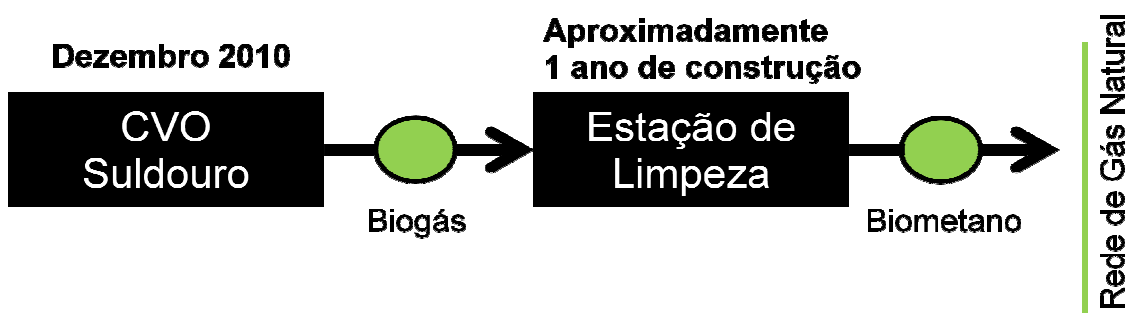
Quer as opções reais quer os modelos de DCF assumem pressupostos que podem ser falhas na avaliação de projectos. A escolha do modelo e a sua correcta aplicação fará com que estes sejam mais ou menos fiáveis na avaliação de projectos.

### 3 – Projecto

#### 3.1 Descrição do Projecto

O projecto em análise, “BIO GN” tem por objectivo a produção de biometano. A matéria-prima utilizada nesta produção vai ser fornecida pela Suldouro – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Sul do Douro, entidade que trata os resíduos biodegradáveis de Santa Maria da Feira e Vila Nova de Gaia, representa uma área geográfica de 384km<sup>2</sup>. Da valorização destes resíduos na nova unidade da Suldouro, será produzido o biogás, que será, vendido à Empresa Geral do Fomento e Dourogás, A.C.E. (EGF&D), promotores do projecto. O biogás será então alvo de um processo de limpeza e purificação através de uma tecnologia inovadora em Portugal, obtendo-se, dessa forma, o biometano. O esquema seguinte pretende ilustrar esse processo de produção:

**FIGURA 9 – Esquema de produção do biometano**



Pelas suas características o projecto concorreu a fundos do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN). De igual modo, candidatou-se a Projecto de Potencial Interesse Nacional (PIN) junto da Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP). O investimento começa em 2009 por um prazo de 24 meses. No fim de 2010 e início de 2011 os equipamentos são ensaiados e testados para aferir do seu normal funcionamento. O ano de 2011 terá um investimento mais reduzido referente à finalização dos estudos, instalação de equipamento e sistema de qualidade. O

projecto terá início em 2009 e acabará em 2022 coincidindo com a vida útil do equipamento.

## **3.2 Dados do Projecto<sup>4</sup>**

### **3.2.1 Estrutura de Capitais**

A estrutura de financiamento do projecto prevista envolve:

- Realização de fundos próprios de 598.000 euros, sendo € 50.000 euros de capital social e 548.000 euros de prestações acessórias (cerca de 1,67% e 18,33% do investimento total a realizar, respectivamente);
- Recurso a endividamento bancário, correspondente a 35% do investimento total a realizar;
- Recurso a um incentivo financeiro reembolsável, sem vencimento de juros, que se considerou representar 45% da despesa total elegível. O prazo considerado, e que reflecte a legislação aplicável, foi de 7 anos, com uma carência de 3 anos e 8 amortizações semestrais (alínea b) do n.º2 do artigo 13.º da Portaria 353-C/2009);
- Contudo, foi considerado que parte desse incentivo reembolsável seria convertido em não reembolsável, no montante correspondente a 25% da despesa total elegível (limite máximo definido pelo Anexo do Decreto Lei 65/2009). Esta conversão ocorre no final do investimento (35%) e no final do terceiro ano de exercício económico (65%), e é efectuada em função do desempenho do projecto, conforme definido no Anexo B da Portaria 353-C/2009.

---

<sup>4</sup> Estes elementos foram cedidos pelo promotor, Dourogás, base da nossa análise e estudo de caso.

**TABELA 7 – Investimento e Financiamento**

<b>Investimento e Financiamento</b>	<b>Euros</b>	<b>%</b>
<b>Investimento Total</b>	<b>2.990.000</b>	n.a.
<b>Financiamento</b>	<b>2.990.000</b>	100,00%
Fundos Próprios	598.000	20,00%
Subsídio Não Reembolsável(1)	747.500	25,00%
Subsídio Reembolsável(2)	598.000	20,00%
Emp. Bancário MLP	1.046.500	35,00%
<sup>(1)</sup> Sujeito a avaliação do projecto (4 anos) - 55% x 45%		
<sup>(2)</sup> 45% x 45%		

<b>Fundos Próprios</b>	<b>Euros</b>	<b>%</b>
<b>Fundos Próprios</b>	598.000	100,00%
Capital Social	50.000	8,40%
Prestações Acessórias	548.000	91,60%

<b>FINANCIAMENTO BANCÁRIO</b>	
Montante Total	1.046.500
Financial Close	2009
Primeiro Desembolso	2009
Último Desembolso	2011
Carência de Capital	0 anos
Maturidade (último desembolso)	7 anos
% dívida coberta por swap	100,00%
Swap EURIBOR 6M 15 anos	4,00%

### 3.2.2 Investimento

O detalhe do investimento, tal como apresentado para efeitos da candidatura QREN, é listado na tabela seguinte:

**TABELA 8 – Investimento em activos fixos**

		<i>Valores em Euros</i>			
<b>INVESTIMENTO em activos fixos</b>	<b>Classificação do Investimento (POC)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
Especificação do recurso orgânico a ser digerido na CVO da Suldouro	Despesas de Instalação	35 000	0	0	<b>35 000</b>
Estudo do processo de produção de biogás através da digestão	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	13 650	13 650	18 200	<b>45 500</b>
Especificação do processo de digestão anaeróbia da Suldouro	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	0	11 400	11 400	<b>22 800</b>
Serviços de Engenharia associados à implantação da Estação de produção de Biometano	Despesas de Instalação	23 370	38 950	15 580	<b>77 900</b>
Especificação do biogás da Suldouro	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	0	54 500	0	<b>54 500</b>
Estudo dos processos de limpeza de biogás	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	0	24 100	0	<b>24 100</b>
Anteprojecto do sistema de limpeza de biogás do EGF&D	Despesas de Instalação	0	43 500	0	<b>43 500</b>
Anteprojecto do sistema de pressurização, armazenagem e injeção na rede de gás natural	Despesas de Instalação	0	30 900	0	<b>30 900</b>
Anteprojecto do sistema de monitorização e controlo	Despesas de Instalação	0	32 000	0	<b>32 000</b>
Especificação do biometano a injectar na rede de gás natural	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	48 100	0	0	<b>48 100</b>
Estudo de definição da tarifa de biometano a injectar na rede de gás natural	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	70 000	0	0	<b>70 000</b>
Estudo de implementação de modelo de negócio	Despesas de Investigação e Desenvolvimento	0	0	28 100	<b>28 100</b>
Sistema de Gestão pela Qualidade	Despesas de Instalação	0	0	24 000	<b>24 000</b>
Caderno de encargos de concepção e construção do sistema de limpeza de biogás	Despesas de Instalação	27 500	0	0	<b>27 500</b>
Caderno de encargos do sistema de pressurização, armazenagem e injeção na rede de gás natural	Despesas de Instalação	0	27 500	0	<b>27 500</b>
Caderno de encargos do sistema de monitorização e controlo	Despesas de Instalação	0	17 500	0	<b>17 500</b>
Caderno de encargos de fiscalização	Despesas de Instalação	0	7 500	0	<b>7 500</b>
Caderno de encargos de inspecção de rede de gás	Despesas de Instalação	0	7 500	0	<b>7 500</b>
Planeamento de uma estrutura de organização e de gestão	Despesas de Instalação	32 000	0	0	<b>32 000</b>
Despesas com certificação de Despesas PPI	Despesas de Instalação	0	3 600	0	<b>3 600</b>
Equipamento informático (computador, impressora)	Equipamento Administrativo	0	12 000	0	<b>12 000</b>
Estudo de Impacto ambiental	Despesas de Instalação	55 000	0	0	<b>55 000</b>
Equipamento de Limpeza e Purificação	Equipamento Básico	0	1 402 200	155 800	<b>1 558 000</b>
Equipamento de Presurização, Armazenagem e injeção	Equipamento Básico	0	424 000	0	<b>424 000</b>
Equipamento de monitorização e controlo	Equipamento Básico	0	223 000	0	<b>223 000</b>
Fiscalização	Equipamento Básico	0	48 600	5 400	<b>54 000</b>
Inspeção	Equipamento Básico	0	4 050	450	<b>4 500</b>
<b>TOTAL</b>		<b>304 620</b>	<b>2 426 450</b>	<b>258 930</b>	<b>2 990 000</b>

O investimento total ascende, assim, a cerca de € 3 milhões, sendo que se estima que a elegibilidade para efeitos do QREN ronde os 100%. Deste modo, considerou-se uma comparticipação, sob a forma de subsídio reembolsável, correspondente a 45% do valor de investimento, sendo este o montante máximo definido pela legislação aplicável.

No que se refere às depreciações, e de forma a otimizar o impacto fiscal, foram aplicadas, sempre que possível, as taxas de depreciação máximas permitidas pelo DL 2/90:

- Despesas de Instalação - 20,0% (5 anos de vida útil);
- Despesas de Investigação e Desenvolvimento - 20,0% (5 anos de vida útil);

- Equipamento Básico - 8,3% (12 anos de vida útil);
- Ferramentas e utensílios - 25,0% (4 anos de vida útil).

Não foi considerado qualquer investimento de substituição, assumindo-se que a substituição de peças/equipamento estaria abrangida pela despesa anual de conservação e reparação.

### **3.2.3 Regime de funcionamento da central**

A unidade de digestão anaeróbia a instalar pela Suldouro vai receber resíduos indiferenciados que, após separação, permitirá tratar resíduos orgânicos com recuperação do biogás produzido. Este biogás será posteriormente utilizado na produção de biometano. O equipamento onde será efectuado o processo de transformação da matéria-prima em combustível será implantado em terreno adjacente ao da CVO.

Este projecto representa uma evolução a nível tecnológico e de eficiência da utilização do biogás. De facto, e actualmente em Portugal, o aproveitamento de biogás é feito pela conversão deste em energia eléctrica, implicando emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, perda de energia sob a forma de calor e ainda um rendimento de conversão muito baixo (aproximadamente 30%). Em contrapartida, a produção de biometano, pela limpeza e purificação do biogás, oferece um rendimento de conversão muito superior (85% a 90%), além de representar uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub>.

Com efeito, o biogás é a principal matéria-prima para a produção de biometano. Cada Nm<sup>3</sup> / hora de biogás útil consumido tem um impacto de 0,64 Nm<sup>3</sup> / hora no volume de biometano.

É também adicionado gás propano, equivalente a 9,45% do volume de biometano produzido. A soma destes dois componentes produz o volume total de biometano vendido com o poder calorífico necessário.

O quadro seguinte ilustra as quantidades necessárias de biogás e gás propano para a produção de biometano em ano cruzeiro, bem como os valores de produção deste combustível:

**TABELA 9 – Regime de funcionamento da instalação**

<b>Regime de funcionamento da instalação</b>	
<b>Nº horas de funcionamento</b>	<b>8.400 horas</b>
<b>Biogás</b>	
Consumo Nominal	315,0 Nm <sup>3</sup> / h
<i>Carga média</i>	<i>90%</i>
Consumo Efectivo / hora	283,5 Nm <sup>3</sup> / h
<b>Consumo Efectivo / ano</b>	<b>2.381.400 Nm<sup>3</sup> / ano</b>
Proporção Biogás/Biometano	63,83%
<b>Biogás a incluir no processo produtivo do biometano</b>	
Consumo horário	180,96 Nm <sup>3</sup> / h
Consumo anual	1.520.043 Nm <sup>3</sup> / ano
<b>Propano</b>	
Proporção Gás Propano/Biometano	9,45%
Consumo horário	17,10 Nm <sup>3</sup> / h
Consumo anual	143.644 Nm <sup>3</sup> / ano
<b>Biometano Produzido/Vendido</b>	<b>1.663.687 Nm<sup>3</sup> / ano</b>

### 3.2.4 Pressupostos Macroeconómicos e Fiscais

A análise desenvolvida teve como base um conjunto de pressupostos macroeconómicos e fiscais, que se apresentam de seguida:

**TABELA 10 – Pressupostos macroeconómicos e fiscais**

Pressupostos Macroeconómicos e Fiscais	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Macroeconómicos</b>														
Inflação	0,40%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Euribor a 6 meses	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
<b>Spread das taxas de juro nominais</b>														
Operações Passivas	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%	-0,50%
Operações Activas c.p.	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
<b>Taxas de juro nominais</b>														
Operações Passivas	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%
Operações Activas c.p.	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%
<b>Imposto de Selo</b>														
Juros e comissões bancárias	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Garantias	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Abertura de Crédito e Cauções	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
<b>Imposto sobre os Lucros</b>														
IRC	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%
Derrama	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

Refira-se que actual contexto económico mundial faz prever que as taxas de inflação apresentadas para o curto/médio prazo poderão vir a sofrer alterações.

Pela mesma razão, e para efeito de financiamento, ao invés de se assumir uma curva de mercado das taxas de juro, considerou-se a fixação de um swap a 12 anos.

#### **Imposto sobre o Rendimento Colectável**

Considerou-se durante todo o período de projecção uma taxa de IRC de 25% e uma taxa de Derrama de 1,5%. Deste modo, ao Resultado Antes de Imposto deverá ser aplicada uma taxa de 26,5% para a determinação do imposto a pagar.

Considerou-se ainda a aplicação do regime de reporte fiscal de prejuízos actualmente em vigor, que permite a sua utilização durante 6 anos.

### **Imposto sobre o Valor Acrescentado**

As taxas de IVA consideradas foram de 5% sobre as vendas de biometano e despesas com água e electricidade; 20% em despesas de investimento, de aquisição de biogás, gás propano, carvão activado e respectivos filtros e em outros Fornecimentos e Serviços Externos.

### **Indexantes de taxas de juro**

As taxas *forward* consideradas como indexantes das taxas de juro reflectem as expectativas do mercado mais recentes (traduzidas na *yield curve*). Excepção feita ao financiamento a médio e longo prazo em que foi assumido um *swap* da taxa de juro a 12 anos

### **3.2.5 Receitas de exploração da central**

A definição da tarifa de venda de biometano tem em conta diversos factores. Desde logo, a tarifa procura cobrir todos os custos associados à produção deste gás, como sejam as despesas de investimento, os custos de aquisição de gás propano e de biogás, custos de electricidade e todos os custos fixos. A tarifa inclui ainda uma margem de rentabilidade que remunera de uma forma adequada os accionistas do projecto.

Por outro lado, o valor proposto procura também estar em linha face ao que é aplicado nos países europeus onde o biometano já é produzido e comercializado, tendo sempre em atenção um critério de razoabilidade face ao preço ao consumidor de gás natural actualmente em vigor.

Assim, e tendo presente o exposto nos parágrafos anteriores, considerou-se uma tarifa de € 0,705/Nm<sup>3</sup>, a preços constantes de 2009, aplicável durante todo o período de exploração, sendo apenas capitalizada anualmente à taxa de inflação. No quadro seguinte, é apresentada a evolução dos proveitos operacionais, que consistem exclusivamente na venda de biometano:

**TABELA 11 – Proveitos operacionais**

Proveitos Operacionais		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Biometano</b>	<i>Euros</i>	1.220.284	1.244.690	1.269.584	1.294.975	1.320.875	1.347.292	1.374.238	1.401.723	1.429.757	1.458.353	1.487.520	1.517.270
Tarifa	<i>Euros/Nm<sup>3</sup></i>	0,733	0,748	0,763	0,778	0,794	0,81	0,826	0,843	0,859	0,877	0,894	0,912
Quantidade Vendida	<i>Nm<sup>3</sup> /Ano</i>	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687	1.663.687
<b>TOTAL</b>	<i>Euros</i>	<b>1.220.284</b>	<b>1.244.690</b>	<b>1.269.584</b>	<b>1.294.975</b>	<b>1.320.875</b>	<b>1.347.292</b>	<b>1.374.238</b>	<b>1.401.723</b>	<b>1.429.757</b>	<b>1.458.353</b>	<b>1.487.520</b>	<b>1.517.270</b>

### 3.2.6 Custos de exploração da central

#### Matérias-primas e subsidiárias

As matérias-primas utilizadas no processo produtivo do biometano são o biogás e o gás propano. Por outro lado, as matérias subsidiárias incluem o carbono activado em substância e respectivos filtros. Também a electricidade foi considerada como matéria subsidiária, uma vez que é incorporada na produção do biometano, numa base variável de custo directo.

Os consumos específicos das matérias-primas e subsidiárias, bem como as respectivas tarifas, foram indicados pela Dourogás e EGF, com base em informação disponibilizada por fornecedores de instalações de tratamento de biogás.

#### Custos de Estrutura

Para os custos indicados nos pontos seguintes, foi estimado um valor fixo anual, que se assumiu evoluir à taxa de inflação durante todo o período de exploração:

**Ferramentas e Utensílios de Desgaste Rápido:** o montante anual considerado para despesas com ferramentas e utensílios foi de € 2.400.

**Material de Escritório:** para economato e material de escritório assumiu-se um valor anual de € 1.200.

**Despesas de Representação:** os custos com despesas de representação representam €1.200 por ano.

**Deslocações e Estadas:** corresponde essencialmente às deslocações e estadias dos órgãos da administração do EGF&D para presença nas reuniões periódicas, tendo sido estimado um montante anual de €12.000.

**Honorários:** Foram considerados custos anuais com TOC (€ 2.280) e com ROC (€ 3.600) . Refira-se que o custo com o ROC é incluído apenas em 2012, no ano seguinte após a entrada em exploração. Isto porque em 2011, e de acordo com as despesas elegíveis do QREN, o custo com a verificação financeira do projecto pelo ROC é uma despesa considerada no investimento.

**Limpeza, Higiene e Conforto:** os custos incluídos nesta rubrica representam um custo anual de € 3.000.

Para as restantes rubricas de custos de estrutura, foram assumidos os seguintes pressupostos de projecção:

**Seguros:** Reflectem a cobertura necessária ao equipamento adquirido. Deste modo, e de acordo com a experiência da EGF e Dourogás foi considerada uma percentagem fixa de 0,13% sobre o valor do investimento em imobilizado corpóreo.

**Publicidade e Propaganda:** Esta rubrica inclui despesas associadas à divulgação e comunicação deste projecto, tendo sido considerado um custo correspondente a 0,5% do valor anual de receitas.

**Outros Fornecimentos e Serviços Externos:** Foi incluído um custo adicional de segurança quantificado em 0,5% do total da facturação anual.

O quadro seguinte mostra os custos de estrutura, a preços correntes:

**TABELA 12 – Custos operacionais**

Valores em Euros

CUSTOS OPERACIONAIS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Matérias primas e subsidiárias	0	688.709	702.484	716.533	730.864	745.481	760.391	775.599	791.111	806.933	823.072	839.533	856.324
<i>Biogás</i>	0	448.447	457.416	466.564	475.896	485.414	495.122	505.024	515.125	525.427	535.936	546.655	557.588
<i>Gás propano</i>	0	167.680	171.033	174.454	177.943	181.502	185.132	188.835	192.611	196.464	200.393	204.401	208.489
<i>Carbono activado</i>	0	6.163	6.287	6.412	6.541	6.671	6.805	6.941	7.080	7.221	7.366	7.513	7.663
<i>Electricidade</i>	0	66.419	67.748	69.102	70.485	71.894	73.332	74.799	76.295	77.821	79.377	80.965	82.584
Ferramentas e Utensílios de Desgaste Rápido	0	2.497	2.547	2.598	2.650	2.703	2.757	2.812	2.868	2.926	2.984	3.044	3.105
Material de Escritório	0	1.248	1.273	1.299	1.325	1.351	1.378	1.406	1.434	1.463	1.492	1.522	1.552
Despesas de Representação	0	1.248	1.273	1.299	1.325	1.351	1.378	1.406	1.434	1.463	1.492	1.522	1.552
Seguros	0	3.078	3.139	3.202	3.266	3.331	3.398	3.466	3.535	3.606	3.678	3.752	3.827
Deslocações e Estadas	0	12.485	12.734	12.989	13.249	13.514	13.784	14.060	14.341	14.628	14.920	15.219	15.523
Honorários	0	2.372	6.240	6.365	6.492	6.622	6.754	6.889	7.027	7.168	7.311	7.457	7.606
Conservação e Reparação	0	59.186	60.369	61.577	62.808	64.065	65.346	66.653	67.986	69.346	70.732	72.147	73.590
Publicidade e Propaganda	0	6.101	6.223	6.348	6.475	6.604	6.736	6.871	7.009	7.149	7.292	7.438	7.586
Limpeza, Higiene e Conforto	0	3.121	3.184	3.247	3.312	3.378	3.446	3.515	3.585	3.657	3.730	3.805	3.881
Outros Fornecimentos e Serviços	0	6.101	6.223	6.348	6.475	6.604	6.736	6.871	7.009	7.149	7.292	7.438	7.586
Trabalhos Especializados	0	24.970	25.469	25.978	26.498	27.028	27.568	28.120	28.682	29.256	29.841	30.438	31.047
Custos com Pessoal	26.486	67.063	68.404	69.772	71.168	72.591	74.043	75.524	77.034	78.575	80.147	81.750	83.385
<b>TOTAL</b>	<b>26.486</b>	<b>878.180</b>	<b>899.564</b>	<b>917.556</b>	<b>935.907</b>	<b>954.625</b>	<b>973.717</b>	<b>993.192</b>	<b>1.013.056</b>	<b>1.033.317</b>	<b>1.053.983</b>	<b>1.075.063</b>	<b>1 096 564</b>

### 3.2.7 Capital Circulante

O quadro seguinte ilustra quais os prazos de pagamentos e recebimentos considerados para efeitos do presente Plano de Negócios.

**TABELA 13 – Capital circulante**

<b>Capital Circulante</b>	
<b>Prazo Médio de Recebimentos</b>	
Cientes	30 dias de Proveitos
Estado e Outros Entes Públicos	120 dias de IVA a receber
<b>Prazo Médio de Pagamentos</b>	
Fornecedores	30 dias de CMV/MC e FSE
Estado e Outros Entes Públicos	30 dias de IVA a pagar/ ret. Fonte / Enc. Sociais
Acréscimos de Custos	0 dias de FSE e Pessoal

No que se refere aos clientes, foi considerado um Prazo Médio de Recebimentos correspondente a 30 dias de vendas.

Relativamente ao Estado, também se teve como pressuposto os prazos de pagamento e recebimentos normalmente praticados pelas empresas.

Em consonância com o que se estimou para o Prazo Médio de Recebimentos, assumiu-se também que o Prazo Médio de Pagamentos aos Fornecedores rondaria os 30 dias.

Não foi considerado qualquer prazo de armazenagem do produto acabado, uma vez que se assumiu que o volume produzido seria de imediato injectado na rede de gás natural.

## 4 – Avaliação do projecto

### 4.1 – Avaliação tradicional

Pelos dados do projecto estimamos o seu *free cash flow*.

**TABELA 14 – Cash flow do Projecto**

CASH FLOW DE PROJECTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
+ Resultado Operacional	0	-26 486	7 579	43 381	50 284	57 324	163 920	260 235	267 706	275 327	283 101	291 029	296 209	303 241
- Imposto (taxa efectiva x RO)	0	0	-114	-651	-12 073	-18 915	-18 286	-67 535	-89 541	-72 644	-74 698	-76 792	-78 885	-92 567
<b>NOPLAT</b>	<b>0</b>	<b>-26 486</b>	<b>7 465</b>	<b>42 731</b>	<b>38 211</b>	<b>38 409</b>	<b>145 634</b>	<b>192 700</b>	<b>178 165</b>	<b>202 683</b>	<b>208 403</b>	<b>214 237</b>	<b>217 324</b>	<b>210 673</b>
+ Amortizações			334 525	334 525	334 525	334 525	331 525	188 625	188 625	188 625	188 625	188 625	188 625	188 625
- Proveitos Diferidos (correção ao cash flow)	0	0	0	-32 781	-32 781	-32 781	-129 195	-75 285	-75 285	-75 285	-75 285	-75 285	-72 377	-71 160
+ Subsídios ao Investimento (não reembolsável)	0	0	261 625	0	0	485 875	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Net Operational Cash Flow</b>	<b>0</b>	<b>-26 486</b>	<b>603 615</b>	<b>344 475</b>	<b>339 955</b>	<b>826 028</b>	<b>347 964</b>	<b>306 040</b>	<b>291 505</b>	<b>316 023</b>	<b>321 743</b>	<b>327 577</b>	<b>333 572</b>	<b>328 138</b>
- Investimento em Capital Circulante	-20 030	-139 143	90 412	16 116	-1 053	-1 074	-1 095	-1 117	-1 140	-1 162	-1 186	-1 209	-1 234	-1 258
- Investimento em Activo Fixo	-304 620	-2 426 450	-258 930	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Free Cash Flow</b>	<b>-324 650</b>	<b>-2 592 079</b>	<b>435 097</b>	<b>360 591</b>	<b>338 902</b>	<b>824 954</b>	<b>346 869</b>	<b>304 923</b>	<b>290 365</b>	<b>314 861</b>	<b>320 557</b>	<b>326 368</b>	<b>332 338</b>	<b>326 880</b>

Aplicando os métodos apresentados no ponto 2, obtivemos os seguintes resultados.

**TABELA 15 – Resultados dos métodos tradicionais de avaliação**

Indicador	Valor	Regra de decisão	Análise
<b>TIR</b>	8,16%	A regra de decisão: se $TIR > r$ devemos investir.	O custo de oportunidade do projecto neste caso é a WACC, estimada em 4,75%. Logo devemos investir.
<b>Período de recuperação do capital</b>	8	A regra de decisão passa por determinar uma quantidade de tempo específica, e os projectos que consigam um PRC inferior são escolhidos (Brealey et al, 2001).	O período de recuperação do capital é inferior à vida útil do projecto, 11 anos. Este indicador está dependente das expectativas do investidores.
<b>Índice Rentabilidade</b>	1,186	A regra de decisão é $IR > 1$ , devemos investir.	O valor é superior a 1, logo devemos investir
<b>VAL</b>	707 159,02 €	A regra de decisão, se $VAL > 0$ devemos investir	O VAL é positivo logo devemos investir. De seguida faremos uma análise de sensibilidade neste

Decorrente dos indicadores de avaliação analisados, a conclusão é que devemos investir.

#### 4.1.1 – Análise de sensibilidade do VAL

Com o objectivo de ajudar a tomada de decisão, fizemos uma análise de sensibilidade do valor do VAL em relação à variação da taxa de desconto.

**TABELA 16 – Impacto de variações da taxa de desconto no VAL**

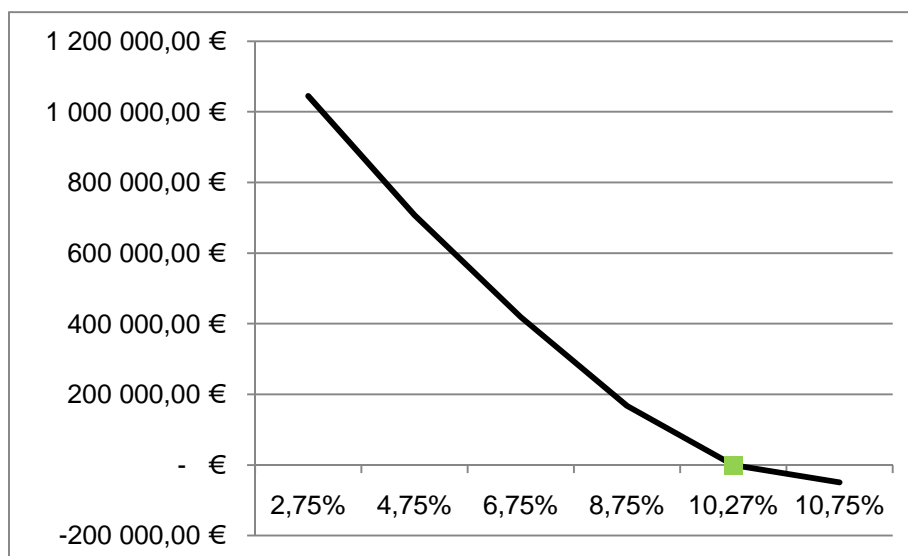
WACC	VAL
2,75%	1 044 980,25 €
4,75%	707 159,02 €
6,75%	417 995,87 €
8,75%	167 785,37 €
10,75%	- 49 586,81 €

Ao analisar o impacto das variações nesta variável o decisor deve ter em consideração a probabilidade destas acontecerem. De igual modo, escolhemos e alterámos uma só variável, sob assunção que todas as outras variáveis se mantêm inalteradas, algo difícil de acontecer na realidade.

#### 4.1.2 – Análise do ponto crítico

Nesta análise veremos qual a variação que a taxa de desconto, nossa variável chave, pode ter sem que o VAL fique negativo.

**GRÁFICO 6 – Análise do ponto crítico**



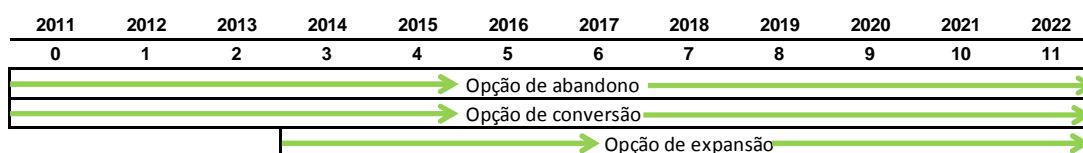
Se a taxa de desconto for superior 10,27%, o VAL será negativo, *ceteris paribus*.

## 4.2 - Opções Reais

Como referimos anteriormente, recorreremos ao modelo binomial para a análise das opções reais. Para o efeito, calculamos o valor do projecto sem o valor da flexibilidade e com a opção de abandono, opção de conversão e opção de expansão.

- Opção de abandono – o investidor conseguiria reaver o valor respeitante à venda dos activos adquiridos. A opção vai existir durante todo o projecto.
- Opção de conversão – com a compra de um gerador, o biogás adquirido serviria para produzir e vender electricidade. Assumimos a tarifa regulada com variação correspondente à inflação.
- Opção de expansão – o investidor utilizaria a capacidade total instalada do projecto. A partir do terceiro ano teríamos a alternativa de aumentar a capacidade de produção do projecto.

**FIGURA 10 – Cronograma de aplicação das opções reais**



As premissas subjacentes ao modelo foram:

**TABELA 17 – As premissas da avaliação por opções reais**

<b>Volatilidade Anual</b>	8,819%
<b>Taxa de Juro sem risco</b>	1,86%
<b>u</b>	1,092194
<b>d</b>	0,915588
<b>p</b>	0,583287
<b>1-p</b>	0,416713

#### **4.2.1 – O valor do projecto sem opções**

Procedemos ao cálculo do valor do projecto (VP) sem opções. Utilizando o modelo binomial chegamos ao valor de 1.082.740,96€. Este valor é superior ao encontrado na avaliação tradicional.

#### **4.2.2 - O valor do projecto com a opção de abandono**

A opção de abandonar o projecto equivale a uma opção de venda, *put*. A decisão de abandono deverá acontecer quando num nó da árvore de decisão o valor do abandono for superior ao valor fluxos de caixa futuros do projecto:

$$\text{MAX Valor} = \text{MAX (VP Sem Opção; VP com opção de abandono)}$$

O valor do projecto com a opção de abandono é 1.166.876,27€. Ao comparar com o ponto anterior, observamos que houve uma melhoria de 84.135,31€ que corresponde ao valor da opção de abandono.

#### **4.2.3 - O valor do projecto com a opção de conversão**

Neste caso, a decisão será entre o valor do projecto com a venda de biometano ou converter a operação para venda de electricidade. A matéria-prima é o biogás em ambos os casos, necessitamos de investir num gerador para a produção eléctrica.

$$\text{MAX Valor} = \text{MAX (VP Sem Opção; VP com opção de conversão)}$$

O valor do projecto com a opção de conversão é 1.230.614,00€. Em relação à avaliação sem opções temos um aumento de 147.373,03€ que corresponde ao valor da opção. Comparativamente com a opção de abandono esta possui um valor superior.

#### 4.2.4 - O valor do projecto com a opção de expansão

A opção de expandir equivale a uma opção de compra, *call*. Neste caso a partir do 3º ano começamos a comparar o valor do projecto com a escala inicial de produção com o valor do projecto utilizando a capacidade total instalada.

$$\text{MAX Valor} = \text{MAX (VP Sem Opção; VP com opção de expansão)}$$

O valor do projecto com a opção de expansão é 1.581.378,87€. Da mesma forma que nos pontos prévios, o valor desta opção é de 498.637,91€. De todas as opções analisadas é a que possui maior valor.

#### 4.2.5 – Análise de sensibilidade do valor do projecto com a opção de expansão em relação à volatilidade.

Podemos ver pela tabela 18, que quanto maior a volatilidade maior o valor do projecto com a opção de expansão. Esta conclusão coincide com a teoria de avaliação de opções, pois o aumento da incerteza leva ao aumento do valor da opção

**TABELA 18 - Impacto da volatilidade no VP com opção expansão**

Volatilidade Anual	Valor do projecto com op. Expansão
8,82%	1 581 378,87 €
20,00%	2 118 446,32 €
30,00%	2 769 701,79 €

## 5 – Conclusão

No nosso trabalho usámos o modelo binomial para aplicar o método de opções reais. Fizemos uma revisão crítica quer dos métodos tradicionais de avaliação quer do método de opções reais. Procedemos à aplicação de ambos. Segundo a nossa análise, o método de opções reais revela-se mais capaz do que os métodos tradicionais de avaliação para mostrar e contabilizar a flexibilidade inerente ao projecto que foi alvo da nossa análise.

Os valores obtidos pelos métodos tradicionais apontavam todos no sentido de prosseguir com o investimento no projecto. No caso do VAL, fizemos também uma análise de sensibilidade na qual o indicador foi sujeito a alterações na taxa de desconto. Ficou demonstrado que esta variável condiciona o valor do indicador. De igual modo, vimos o ponto crítico deste indicador em relação à mesma variável, encontrando o valor a partir do qual ele se torna igual a zero.

Comparativamente, o valor do VAL foi menor do que o valor do projecto sem opções, analisado sob a lógica das opções reais. Dentro do projecto identificámos 3 opções: opção de abandono, conversão e expansão. Todas as opções tinham valor positivo. A que se mostrou com maior valor foi a opção de expansão. Esta, numa análise de sensibilidade, mostrou-se sensível a oscilações na volatilidade do preço do activo subjacente, como seria de esperar pela teoria de avaliação de opções.

A operacionalização do método de opções reais poderá ser benéfica para projectos com características semelhantes ao nosso, ao nível da flexibilidade para incorporar a mudança na avaliação do projecto, dos investimentos irreversíveis e do preço do activo subjacente com grande incerteza. Os resultados do nosso estudo de caso vão ao encontro da opinião recolhida dos investigadores que compõem a nossa revisão da literatura.

Os estudos sobre a prática de avaliação de projectos mostram a dificuldade de penetração da óptica de opções reais por oposição aos métodos tradicionais, em particular o VAL e TIR. Verificámos, durante a nossa pesquisa, a complementaridade existente entre ambas as abordagens. Com efeito, em

projectos que não possuam a flexibilidade e incerteza demonstradas no nosso caso, segundo a revisão da literatura, observa-se a pertinência dos métodos tradicionais de avaliação.

A fonte de energia renovável estudada contém nos seus atributos a capacidade de efectivamente conciliar a política ambiental e a política de gestão de resíduos. A evolução dos nossos parceiros europeus constitui-se como um sinal e um desafio ao potencial real a ser visado pelo nosso país. O cenário actual das energias renováveis, no seu conjunto, é diferente deste caso particular. No entanto, a dependência energética do país mostra-nos que a aposta neste sector deve ser reforçada, em particular, em opções como a estudada, nas quais conseguimos ir além da problemática ambiental.

## Referências Bibliográficas

- Amram, M., & Kulatilaka, N. (Eds.). 1999. ***Real options: Managing strategic investment in an uncertain world***. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Bartolini, F., Gallerani, V., & Viaggi, D. 2010. ***Real option models for simulating digester system adoption on livestock farms in emilia-romagna***. Paper presented at 114th EAAE Seminar 'Structural Change in Agriculture', Berlin, Germany.
- Black, F., & Scholes, M. May - Jun., 1973. The pricing of options and corporate liabilities. ***Journal of Political Economy***, 81(3): 637-654.
- Bowman, E. H., & Moskowitz, G. T. 2001. Real options analysis and strategic decision making. ***Organization Science***, 12(6): 772-777.
- Brandão, L. E., & Dyer, J. S. 2005. Decision analysis and real options: A discrete time approach to real option valuation. ***Annals of Operations Research***, 135(1): 21-39.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Marcus, A. J. (Eds.). 2001. ***Fundamentals of corporate finance*** (3rd ed.) The McGraw-Hill.
- Brennan, M. J., & Schwartz, E. S. April 1985. Evaluating natural resource investments. ***The Journal of Business***, 58(2): 135-157.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (Eds.). 2003. ***Real options: A practitioner's guide*** (1st ed.). U.K.: Cengage Learning.
- Copeland, T., & Tufano, P. March 2004. A real-world way to manage real options. ***Harvard Business Review***. 1-12.
- Corato, L. D., & Moretto, M. 2009. ***Investing in biogas: Timing, technological choice and the value of flexibility from inputs mix*** (Working paper ed.). The Berkeley Electronic Press: Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Cox, J. C., Ross, S. A., & Rubinstein, M. 1979. Option pricing: A simplified approach. ***Journal of Financial Economics***, 7: 229-263.
- Damodaran, A. July 2005. ***The promise and peril of real options***. Working Paper No. S-DRP-05-02, New York University, NY.

- Dias, M. A. G. 2005. **Opções reais híbridas com aplicações em petróleo** (Doctoral ed.). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- Dictionary and thesaurus - merriam-webster online . 2012. Disponível em <http://www.merriam-webster.com/> .
- Direcção Geral de Energia e Geologia. Dezembro 2010. **Renováveis: Estatísticas rápidas** (70th ed.)Direcção Geral de Energia e Geologia.
- Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (Eds.). 1994b. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press.
- EurObserv'ER. November 2010. Biogas barometer - le baromètre du biogaz. **Le Journal Des Énergies Renouvelables**, 200: 105-119.
- European Biomass Association. October 2009. **A biogas road map for europe**. Belgium: European Biomass Association.
- Graham, J. R., & Harvey, C. R. 2001. The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, 61: 1-28.
- Hsieh, C., & Vines, T. 2005. Capital budgeting when projects have unequal lives and costs of capital. **Financial Decisions**, Fall(Article 5): 1-8.
- Hull, J. C. (Ed). 2005. **Options, futures and other derivatives** (6th ed.). Harlow, GB: Prentice-Hall.
- International Energy Agency, & OECD (Eds.). 2010. **World energy outlook 2010**. France: International Energy Agency.
- Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D. (Eds.). 2005. **Valuation measuring and managing the value of companies** (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Krug, L. P., *Avaliação de Investimentos*, 2010
- Leslie, K. J., & Michaels, M. P. 1997. The real power of real options. **The McKinsey Quarterly**, 3: 5-22.
- McClure, K. G., & Girma, P. B. 2004. Modified net present value (MNPV): A new technique for capital budgeting. **Zagreb International Review of Economics and Business**, 7(December): 67-82.

- Miller, L. T., & Park, C. S. 2002. Decision making under uncertainty - real options to the rescue? *The Engineering Economist*, 47(2): 105-150.
- Mun, J. 2002. *Real options analysis : Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Myers, S. C. 1977. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5(2): 147-175.
- Obama, B. 17-01-2010; 15H 20M. *Transcrição do discurso de Barack Obama* ([http://articles.cnn.com/2008-03-18/politics/obama.transcript\\_1\\_perfect-union-constitution-slavery?\\_s=PM:POLITICS](http://articles.cnn.com/2008-03-18/politics/obama.transcript_1_perfect-union-constitution-slavery?_s=PM:POLITICS) ed.)CNN.
- Ross, Westerfield, & Jaffe (Eds.). 2002. *Corporate finance* (6th ed.). Irwin: McGraw-Hill.
- Trigeorgis, L. (Ed). 1996. *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. London: MIT Press.
- Triantis, A. J., & Borison, A. Summer 2001. Real options: State of the practice. *Journal of Applied Corporate Finance*, 14(2): 8-24.
- Trigeorgis, L. May 2002. Real options and investment under uncertainty: What do we know? *NBB Working Paper*, 22: 1-23.
- Van der Maaten, E. 2010. Uncertainty, real option valuation, and policies toward a sustainable built environment. *The Journal of Sustainable Real Estate*, 2(1): 161-181.
- Wang, T., & Neufville, R. June 2005. *Real options "in" projects*. Paper presented at 9th Real Options Annual International Conference, Paris, France.

## Apêndices

### Apêndice I – Resultados da aplicação do modelo de opções reais

#### Árvore de Probabilidades – Preço do Biometano

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,7300	0,7973	0,8708	0,9511	1,0388	1,1345	1,2391	1,3534	1,4782	1,6144	1,7633	1,9258
	0,6684	0,7300	0,7973	0,8708	0,9511	1,0388	1,1345	1,2391	1,3534	1,4782	1,6144
		0,6120	0,6684	0,7300	0,7973	0,8708	0,9511	1,0388	1,1345	1,2391	1,3534
			0,5603	0,6120	0,6684	0,7300	0,7973	0,8708	0,9511	1,0388	1,1345
				0,5130	0,5603	0,6120	0,6684	0,7300	0,7973	0,8708	0,9511
					0,4697	0,5130	0,5603	0,6120	0,6684	0,7300	0,7973
						0,4301	0,4697	0,5130	0,5603	0,6120	0,6684
							0,3938	0,4301	0,4697	0,5130	0,5603
								0,3605	0,3938	0,4301	0,4697
									0,3301	0,3605	0,3938
										0,3022	0,3301
											0,2767

#### Árvore de decisão- Valor do projecto sem opções

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 082 740,96	4664745,39	5268308,07	5774836,16	6152288,26	6368502,86	6389613,32	6178821,20	5694976,84	4891451,15	3715479,50	2107432,25
	2424711,77	2984640,62	3496019,17	3924199,67	4233357,52	4389524,46	4358417,05	4104389,29	3588528,56	2766783,36	1589352,15
		1229981,16	1676249,01	2098071,68	2458791,81	2716078,19	2832368,78	2770996,72	2496286,06	1971489,59	1155044,62
			414434,61	730257,77	1051599,42	1346174,85	1560979,86	1653211,19	1580657,10	1304793,30	790963,79
				0,00	157879,27	348260,25	564655,36	735480,55	813083,61	745900,54	485754,14
					0,00	0,00	0,00	108957,32	216828,64	277379,67	229896,30
						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15410,20
							0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
								0,00	0,00	0,00	0,00
									0,00	0,00	0,00
										0,00	0,00
											0,00
											0,00

#### Árvore de decisão- Valor do projecto com opção de abandono

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 166 876,27	4 724 656,69	5 307 424,54	5 797 264,60	6 162 980,56	6 372 230,36	6 390 321,25	6 178 821,20	5 694 976,84	4 891 451,15	3 715 479,50	2 107 432,25
	2 546 509,54	3 076 333,22	3 560 240,32	3 964 056,66	4 254 275,92	4 397 644,91	4 360 147,50	4 104 389,29	3 588 528,56	2 766 783,36	1 589 352,15
		1 399 354,49	1 810 486,93	2 199 262,60	2 526 936,73	2 755 843,95	2 849 795,96	2 775 226,57	2 496 286,06	1 971 489,59	1 155 044,62
			640 548,01	916 744,30	1 203 562,50	1 457 084,58	1 633 788,55	1 689 888,93	1 590 996,42	1 304 793,30	790 963,79
				291 672,90	401 013,14	564 469,83	733 846,73	862 112,65	888 265,15	771 173,60	485 754,14
					291 672,90	291 672,90	291 672,90	345 272,05	421 129,87	425 775,36	291 672,90
						291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90
							291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90
								291 672,90	291 672,90	291 672,90	291 672,90
									291 672,90	291 672,90	291 672,90
										291 672,90	291 672,90
											291 672,90

## Árvore de decisão- Valor do projecto com opção de conversão

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 230 614,00	4 777 764,24	5 348 003,64	5 824 940,76	6 178 966,10	6 379 312,77	6 392 163,27	6 178 821,20	5 694 976,84	4 891 451,15	3 715 479,50	2 107 432,25
	2 627 971,58	3 149 347,67	3 620 691,33	4 009 331,84	4 283 436,95	4 412 378,58	4 364 650,06	4 104 389,29	3 588 528,56	2 766 783,36	1 589 352,15
		1 496 276,94	1 904 345,81	2 283 653,90	2 596 788,23	2 806 501,02	2 879 508,05	2 786 232,49	2 496 286,06	1 971 489,59	1 155 044,62
			746 084,78	1 028 044,62	1 312 072,41	1 556 920,94	1 716 024,03	1 747 110,81	1 617 898,91	1 304 793,30	790 963,79
				393 852,90	521 187,17	689 963,70	862 775,79	983 030,98	990 480,10	836 933,11	485 754,14
					401 729,96	409 764,56	417 959,85	491 168,70	573 625,09	583 580,46	452 413,18
						409 764,56	417 959,85	426 319,05	434 845,43	443 542,33	452 413,18
							417 959,85	426 319,05	434 845,43	443 542,33	452 413,18
								426 319,05	434 845,43	443 542,33	452 413,18
									434 845,43	443 542,33	452 413,18
										443 542,33	452 413,18
											452 413,18

## Árvore de decisão- Valor do projecto com opção de expansão

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 581 378,87	5 269 743,20	5 987 416,79	6 616 755,79	7 127 541,46	7 489 347,20	7 670 216,03	7 634 960,51	7 343 905,16	6 752 031,34	5 808 333,70	4 455 104,50
	2 796 731,18	3 456 917,99	4 075 323,12	4 617 067,32	5 048 352,79	5 336 779,03	5 450 475,52	5 355 670,72	5 014 801,21	4 385 289,50	3 418 944,30
		1 478 271,54	2 019 798,12	2 544 274,28	3 011 639,84	3 382 323,39	3 619 217,61	3 688 930,00	3 558 477,88	3 192 348,84	2 550 329,24
			540 470,88	945 453,99	1 368 443,42	1 764 973,77	2 088 150,34	2 291 698,10	2 337 639,27	2 192 304,41	1 822 167,58
				6 862,01	240 401,28	536 537,17	850 456,41	1 130 368,28	1 314 207,94	1 353 965,26	1 211 748,27
					-171 228,09	-61 822,99	60 173,17	254 823,14	480 639,58	651 183,96	700 032,61
						-337 836,47	-241 287,09	-133 281,99	-12 714,83	121 625,09	271 060,39
							-494 001,80	-409 295,47	-314 175,09	-207 627,99	0,00
								-640 678,10	-566 889,80	-359 585,74	0,00
									-778 741,02	-475 277,05	0,00
										-572 261,30	0,00
											0,00