

## 3.1

## O Processo “Gas-to-liquid”

A projeção do aumento da demanda mundial por combustíveis, discriminados por tipo, pode ser acompanhado pela Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Consumo Total de Energia por Tipo de Combustível,  
1920-2030 (BTUx10<sup>15</sup>)

| Combustível                            | Histórico |       |       | Projeções |       |       |       |       | Média<br>(2004-2030)* |
|----------------------------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
|                                        | 1990      | 2003  | 2004  | 2010      | 2015  | 2020  | 2025  | 2030  |                       |
| Cenário de Baixo Crescimento Econômico |           |       |       |           |       |       |       |       |                       |
| Líquidos                               | 136,2     | 161,9 | 168,2 | 180,6     | 189,8 | 198,1 | 206,0 | 214,0 | 0,9                   |
| Gás Natural                            | 75,2      | 99,8  | 103,4 | 118,5     | 129,4 | 138,6 | 145,6 | 152,4 | 1,5                   |
| Carvão                                 | 89,4      | 105,6 | 114,5 | 134,4     | 146,2 | 157,5 | 167,7 | 178,2 | 1,7                   |
| Nuclear                                | 20,4      | 26,4  | 27,5  | 29,8      | 32,5  | 35,3  | 37,8  | 39,2  | 1,4                   |
| Outros                                 | 26,2      | 32,1  | 33,2  | 40,0      | 42,4  | 44,8  | 47,5  | 49,9  | 1,6                   |
| Total                                  | 347,3     | 425,7 | 446,7 | 503,3     | 540,4 | 574,3 | 604,6 | 633,6 | 1,4                   |
| Cenário de Referência                  |           |       |       |           |       |       |       |       |                       |
| Líquidos                               | 136,2     | 161,9 | 168,2 | 183,9     | 197,6 | 210,6 | 224,1 | 238,9 | 1,4                   |
| Gás Natural                            | 75,2      | 99,8  | 103,4 | 120,6     | 134,3 | 147,0 | 158,5 | 170,4 | 1,9                   |
| Carvão                                 | 89,4      | 105,6 | 114,5 | 136,4     | 151,6 | 167,2 | 182,9 | 199,1 | 2,2                   |
| Nuclear                                | 20,4      | 26,4  | 27,5  | 29,8      | 32,5  | 35,7  | 38,1  | 39,7  | 1,4                   |
| Outros                                 | 26,2      | 32,1  | 33,2  | 40,4      | 43,4  | 46,5  | 50,1  | 53,5  | 1,9                   |
| Total                                  | 347,3     | 425,7 | 446,7 | 511,1     | 559,4 | 607,0 | 653,7 | 701,6 | 1,8                   |
| Cenário de Alto Crescimento Econômico  |           |       |       |           |       |       |       |       |                       |
| Líquidos                               | 136,2     | 161,9 | 168,2 | 187,3     | 205,2 | 223,5 | 243,5 | 265,5 | 1,8                   |
| Gás Natural                            | 75,2      | 99,8  | 103,4 | 122,5     | 139,1 | 155,0 | 170,8 | 189,0 | 2,3                   |
| Carvão                                 | 89,4      | 105,6 | 114,5 | 138,2     | 156,8 | 177,2 | 198,5 | 220,6 | 2,6                   |
| Nuclear                                | 20,4      | 26,4  | 27,5  | 29,8      | 32,8  | 35,7  | 38,8  | 40,9  | 1,5                   |
| Outros                                 | 26,2      | 32,1  | 33,2  | 40,8      | 44,5  | 48,3  | 52,8  | 57,2  | 2,1                   |
| Total                                  | 347,3     | 425,7 | 446,7 | 518,6     | 578,4 | 639,8 | 704,4 | 773,3 | 2,1                   |

Fonte: Tabelas A2, B2 e C2, International Energy Outlook – 2007.

[www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html)

(\*) Mudança percentual média anual

Paralelamente aos cenários de crescimento mostrados, outras questões se colocam dentro do mesmo horizonte de tempo. Do ponto de vista ambiental, o protocolo de Kioto que tem como objetivo reduzir a emissão de gases poluentes para conter o aquecimento global, traçou suas metas para o período 2008-2012<sup>1</sup>. Neste sentido, crescem as exigências para que os combustíveis apresentem

<sup>1</sup> “O principal gás que o protocolo quer reduzir é o dióxido de carbono, que é emitido como resíduo de muitos processos industriais e da queima de carvão, gás natural e derivados do petróleo.” [50]

especificações ambientais mais rigorosas e para a diminuição da queima de gás (flare). Do ponto de vista econômico e estratégico, a alta sustentável dos preços do petróleo e do gás, a existência de reservas remotas de gás natural que podem ser transformadas em gás de síntese, o posicionamento estratégico das empresas no mercado de combustíveis, a utilização de meios de transporte mais baratos para atender a demanda global, a incerteza geopolítica a respeito da oferta de petróleo, as iniciativas governamentais, etc, são outros motivos a impulsionar a busca de alternativas energéticas.

É nesse contexto que ressurge o processo de reação química descoberto no Kaiser Wilhelm Institute (Alemanha), em 1923, pelos químicos alemães Franz Fischer e Hans Tropsch, também chamado Gas-To-Liquid (GTL). Segundo Gomes et. al. [51], o processo GTL consiste na obtenção de hidrocarbonetos líquidos (gasolina, diesel, nafta, lubrificantes etc) a partir de material orgânico como a biomassa, o carvão, o óleo pesado, o gás natural e outros.

O processo de conversão GTL se dá de duas formas: direta e indireta. A primeira delas se encontra no estágio inicial de estudos; a segunda, tecnicamente factível, acontece por meio de três estágios. No primeiro estágio, se dá a geração do Gás de Síntese<sup>2</sup>, no qual a matéria prima utilizada no processo é gaseificada; no segundo estágio, o mais importante do processo e chamado de síntese de Fischer & Tropsch (F&T), o Gás de Síntese é transformado em hidrocarbonetos líquidos, por meio de reações que usam como catalisadores, por exemplo, o cobalto e o ferro; no terceiro estágio, acontece o acabamento do petróleo sintético obtido no estágio anterior, que pode então ser transformado em produtos de alto valor agregado e alta pureza<sup>3</sup> como gasolina, óleo diesel, nafta, lubrificantes etc. A figura 3.1, esquematiza o processo GTL.

---

<sup>2</sup> Na síntese de Fischer & Tropsch, vários fatores como tipo de catalisador, pressão e razão  $H_2:CO$ , temperatura etc, influenciam a distribuição de produtos (outputs do processo GTL), conhecida como distribuição de Anderson-Schulz-Flory (ASF). Mais detalhes no Apêndice B. [Gomes et. al. [51].

<sup>3</sup> Produtos com baixo teor de enxofre, aromáticos, nitrogênio e metais.

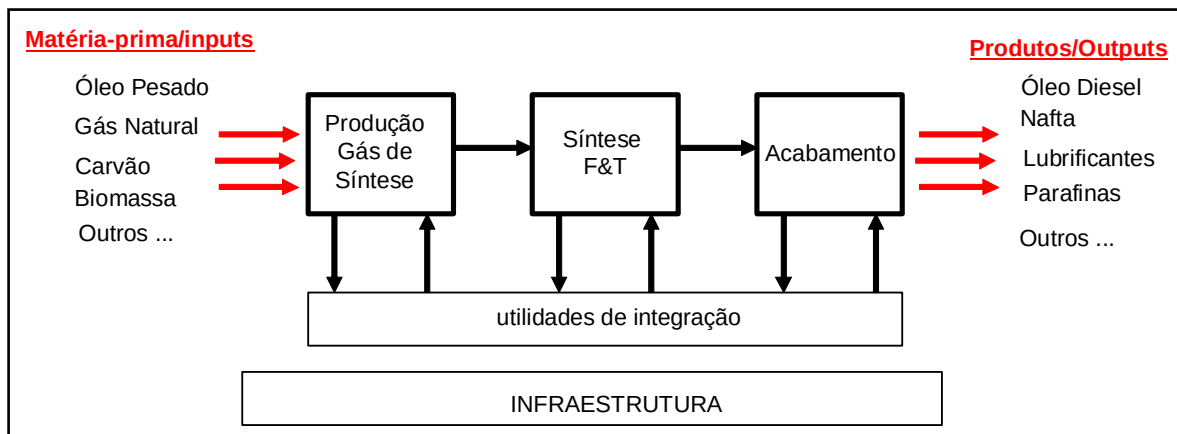


Figura 3.1- Esquema básico do Processo Gas-to-Liquids

É possível se referir à história<sup>4</sup> do processo GTL como sendo demarcada por três períodos.

De 1910 a 1950, a cena é dominada pela Alemanha, Japão e Estados Unidos da América do Norte, quando o foco da tecnologia tinha em vista objetivos estratégicos. A Alemanha, orientada pelos objetivos do governo nazista, dirigiu seus esforços de Pesquisa e Desenvolvimento para tornar o país independente das importações de petróleo, aproveitando suas grandes reservas de carvão. Economicamente, a indústria GTL foi viabilizada com tarifas incentivadas, subsídios e contratos que diminuía o risco para o investidor privado. O Japão adotou uma estratégia análoga à da Alemanha e, em seu plano estratégico de 1937, propôs a construção de 87 plantas para produzir em 1944 1 milhão de kL/ano de combustíveis. Os Estados Unidos, preocupados com o longo prazo, para o qual previam o esgotamento de suas reservas de petróleo, incluíram no programa do “Bureau de Mines” a pesquisa de combustíveis sintéticos. A entrada dos Estados Unidos na segunda guerra colocou a questão dos combustíveis líquidos na esfera da segurança nacional.

Terminada a Segunda Guerra, os esforços para desenvolver a tecnologia GTL e operar suas plantas foram abandonados, devido a fatores como a nova correlação de forças no mundo e à dificuldade de se viabilizar economicamente a produção de combustíveis via síntese de F&T. Durante esse período da história do processo GTL, a matéria-prima utilizada como “input” do processo foi o carvão.

<sup>4</sup> Os parágrafos a respeito da história do processo GTL tiveram como fonte básica o artigo de Gomes et. al., [51].

De 1950 a 1990, o espaço é ocupado pela África do Sul que, em 1947, impulsiona novamente a produção de combustíveis sintéticos, com o objetivo de superar as dificuldades acarretadas pela importação de petróleo e derivados. Em 1951 tem início a construção da primeira planta projetada para uma produção de 5.600 barris/dia. A crise do petróleo de 1973 e o embargo econômico sofrido pelo país devido à sua política de segregação racial (apartheid) alavancou ainda mais a decisão de se prosseguir na rota dos produtos sintéticos. A segunda planta (SASOL<sup>5</sup> II) foi terminada em 1980 e a terceira (SASOL III) foi terminada em 1982: a capacidade das duas plantas chegava a 125.000 barris/dia e ambas usavam o carvão mineral como “input”. Os investimentos em desenvolvimento de tecnologia e capacitação técnica promovidos pela Sasol permitiram que, em 1993, estivesse em operação uma nova planta GTL, produzindo 22.500 barris/dia de gasolina e diesel, alimentada não mais por carvão, mas usando o Gás Natural como “input” do processo.

A partir de 1990, tendo em vista os motivos mencionados anteriormente, outras empresas se apresentam para explorar comercialmente a tecnologia GTL. Costa [8], distinguiu os principais “players” do mercado GTL, em empresas voltadas para o mercado de energia, como Chevron Corporation, Shell, Exxonmobil e Sasol; e as voltadas para a tecnologia do processo, como a Sintroleum, Haldor Topsoe S/A, Rentech Inc. Existem, é claro, empresas que adotam o meio termo, focando tanto no mercado de energia como em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, como é o caso da Shell, e, podemos acrescentar a Petrobras, que trabalha na tecnologia GTL desde 1977 e, presentemente, mediante um acordo com a Compact GTL, pretende construir uma planta piloto para produzir 20 barris/dia, utilizando como matéria-prima o Gás Natural. A tabela 3.2, mostra as plantas que hoje produzem comercialmente.

Tabela 3.2 - Plantas GTL em Operação

| Planta/Local                | Proprietário          | Barril/dia | Input       | Output                         |
|-----------------------------|-----------------------|------------|-------------|--------------------------------|
| Bintulu/Malásia             | Shell MDS             | 14.000     | Gás Natural | Parafinas, químicos e diesel   |
| Sasol I/Sasolburg           | Sasol                 | 5.600      | Carvão      | Oleofinas                      |
| Sasol II, III/Secunda       | Sasol                 | 124.000    | Carvão      | Gasolina e oleofinas leves     |
| PetroSA/Mossel Bay          | PetroSA               | 22.500     | Gás Natural | Gasolina e diesel              |
| Sasol-Qatar Petroleum/Qatar | Sasol-Qatar Petroleum | 34.000     | Gás Natural | Combustíveis e Prod. Especiais |

Fontes: Costa [8] e Wertheim [56]

<sup>5</sup> South African Coal, Oil and Gas Corporation Limited (Sasol)

Os produtos GTL se caracterizam por uma qualidade sem similar nos produtos obtidos pelo refino tradicional. Apesar disto, viabilizar economicamente uma planta GTL é uma tarefa complexa e desafiante [52], pois ela é o resultado da combinação de diversas facilidades em um mesmo complexo<sup>6</sup>. O impacto desta complexidade reflete-se, naturalmente, nos gastos com os investimentos de capital (CAPEX)<sup>7</sup> e com a operação (OPEX)<sup>8</sup> do empreendimento.

## 3.2

### Estudos de Viabilidade Econômica de Projetos GTL

#### 3.2.1

##### Abordagem pela Metodologia do Valor Presente Líquido

Gomes et. al. [51] realizaram um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) para a construção de uma planta GTL no Brasil, usando como “input” o gás natural. Para isso, pesquisaram o estado da arte das principais unidades que formam um complexo GTL, bem como os desafios enfrentados por essa tecnologia. Para concretizar o estudo, tomaram como referência a maior planta GTL do mundo, de propriedade da empresa Oryx GTL<sup>9</sup>, situada em Qatar (Oriente Médio).

A Oryx GTL transforma o gás natural usando a tecnologia Sasol Slurry Phase Distillate (Sasol SPD<sup>TM</sup>), em diesel, nafta petroquímica e gás liquefeito de petróleo (GLP), possuindo uma capacidade produtiva de 34.000 barris por dia, construída a um custo de US\$ 27.000 o barril, o que equivale a um “CAPEX” de US\$ 950x10<sup>6</sup>. A escolha desta empresa se deu porque era a mais moderna do mundo e por ter o diesel como produto principal, derivado este com demanda crescente no Brasil.

O EVTE, adaptado à situação brasileira, foi desenvolvido para uma planta com capacidade produtiva de 34.000 barris por dia, construída a um custo de US\$ 33.260 o barril, equivalente a um “CAPEX” de US\$ 1,131x10<sup>9</sup>. O custo operacional foi estimado com base no investimento e os demais, conseguidos

<sup>6</sup> Como exemplo das diferenças entre uma refinaria tradicional e uma instalação GTL, podemos citar que a primeira consome energia, enquanto a segunda consome e produz energia, que pode ser aproveitada para operar a própria planta e/ou vendida.

<sup>7</sup> Termo resumo de Capital Expenditure, que significa os gastos para adquirir ou melhorar os ativos reais de uma empresa.

<sup>8</sup> Termo resumo de Operational Expenditure ou Operacional Expense, que significa os gastos com itens (pessoal, manutenção, etc) necessários para o funcionamento de um empreendimento.

<sup>9</sup> Joint Venture formada pela Sasol Chevron e a Qatar Petroleum.

mediante correlações entre os diversos custos<sup>10</sup>. Os resultados do estudo foram obtidos para cenários em que os preços do “input” (gás natural) e dos derivados (diesel, nafta e GLP), pudessem variar 20% para mais e para menos, em relação ao cenário base. Além disto, considerou-se também situações em que a venda do crédito de energia elétrica poderia ser feita ou não.

Com base numa taxa de desconto de 10% ao ano, e uma vida útil de 25 anos, os autores utilizaram o método do Valor Presente Líquido (VPL) para derivar suas conclusões. Os valores dos VPLs foram negativos para todos os cenários, indicando a inviabilidade econômica do investimento. Para explicá-la, analisou-se o impacto no VPL do projeto, do preço do gás natural, do preço do petróleo (derivados) e do custo operacional, tidos como os principais parâmetros do EVTE.

Para os autores do estudo, no conjunto de desafios a serem enfrentados pelo Brasil para viabilizar uma planta GTL, destaca-se, em primeiro lugar, a oferta de gás natural. Diferentemente de Qatar e suas imensas reservas de gás natural, o Brasil ainda importa o “input” básico da planta, e os investimentos para torná-lo disponível, via produção interna e/ou importação, são de grande monta. Uma alternativa para o gás natural seria a obtenção do gás de síntese por meio da biomassa, matéria-prima gerada em profusão pelo país. Esta alternativa implica em investimentos em pesquisa para desenvolver plantas GTL alimentadas por biomassa. Um segundo desafio diz respeito aos próprios derivados do processo GTL. Por exemplo, uma planta GTL cara e funcionando com altos custos operacionais, dedicada à produção de uma grande quantidade de óleo diesel, pode se tornar inviável economicamente, quando a indústria de refino tradicional atingir os padrões ecologicamente determinados para este derivado. Tal situação pode se apresentar porque uma planta GTL projetada para se dedicar à produção quase que exclusiva de óleo diesel poderá vir a enfrentar a concorrência das refinarias tradicionais que operam a custos muito menores. Um terceiro é o desafio tecnológico. Como disseram os autores, o EVTE tomou a tecnologia como dada. Nenhuma melhoria no seu desempenho foi inserida na análise, com o intuito de verificar seu impacto na lucratividade do negócio. Entretanto, melhorias –

---

<sup>10</sup> Para um maior detalhamento dos custos, vide tabelas 8.3 (Fatores Necessários para Elaboração do Custo de Produção) e 8.4 (Equações para Elaboração dos Custos) e a equação 8.15, em Gomes et. al. [51].

desenvolvimento de novos catalisadores e processos, por exemplo - certamente contribuirão para diminuir custos. Complementam o conjunto de desafios aqueles ligados ao aproveitamento energético da planta, aproveitamento dos subprodutos e a integração com a indústria petrolífera.

### 3.2.2

#### Abordagem Opcional

O início de 2007 trouxe para os interessados na teoria das Opções Reais aplicadas à avaliação de projetos GTL três contribuições importantes. No desenrolar das atividades desencadeadas pelo convênio firmado entre a Petrobrás e o Departamento de Engenharia Industrial da PUC – RJ foram produzidas três Dissertações de Mestrado sobre o tema mencionado.

Francisco [7] se viu motivada a usar a Teoria das Opções Reais, ao constatar que praticamente todos os estudos de viabilidade econômica feitos para projetos GTL consideram somente um tipo de matéria-prima (gás natural, ou carvão, ou ...) como “input” do processo produtivo, gerando como “output” uma combinação fixa de produtos (derivados). Sendo assim, essas avaliações econômicas não incorporaram o valor que pode ser derivado da flexibilidade tanto da troca dos “inputs”, como da troca dos “outputs” (variação percentual do mix de produtos gerados no processo GTL) ou da troca dos “inputs” e “outputs”.

O estudo reproduziu os preços dos “inputs” e “outputs” por meio do Movimento Geométrico Browniano, utilizando as séries históricas para calcular os parâmetros de tendência (drift) e volatilidade da equação de difusão. O valor da planta com e sem as opções de troca<sup>11</sup> foi calculado com o auxílio da Simulação de Monte Carlo (vide Apêndice A). O VPL do projeto com e sem opções é obtido, considerando a incerteza nos preços dos “inputs” (gás natural e óleo pesado) e dos “outputs” (diesel, nafta, parafina, lubrificante). O valor da opção de troca, ou da flexibilidade gerencial, foi calculado subtraindo do valor da planta com flexibilidade – que pode se dar com a troca dos “inputs”, ou a troca dos “outputs”<sup>12</sup>, ou com a troca dos “inputs” e “outputs” -, o VPL da planta sem flexibilidade.

---

<sup>11</sup> Switch options

<sup>12</sup> Quando falamos em flexibilidade dos outputs, estamos nos referindo aos diversos perfis de produção correspondentes aos valores de  $\alpha$  (vide Apêndice C) escolhidos para se avaliar a troca.

Costa [8] avalia a flexibilidade propiciada pela opção de troca de “inputs” e “outputs” numa planta GTL<sup>13</sup>, utilizando a Simulação de Monte Carlo. Diferencia-se de Francisco [7], já que entende que os preços dos “inputs” e “outputs” seguem um processo estocástico de reversão à média.

A autora nomeou como parâmetros que mais impactam a lucratividade de uma planta GTL o investimento de capital – o mais importante e o maior desafio para a viabilização do projeto –, o custo do Gás Natural, e os preços dos derivados – ligados ao preço do petróleo.

Vieira [9] avaliou a planta com a mesma abordagem: Simulação de Monte Carlo e Opções de troca, ou conversão. Considerou, porém, que os preços dos “inputs” e “outputs” devem obedecer a um processo estocástico de reversão à média com saltos de Poisson.

Os trabalhos de Francisco [7], Costa [8] e Vieira [9] tiveram como base uma planta GTL com vinte anos de vida útil e o trimestre foi o intervalo utilizado para se avaliar a melhor combinação dos “inputs” e “outputs” que conduziria ao melhor resultado financeiro (receita menos custos) para o projeto. O custo do investimento na planta com capacidade de produção de 35.000 barris por dia foi orçado em US\$25.000 o barril, correspondendo a um “CAPEX” de US\$875x10<sup>6</sup>. Caso o óleo pesado fosse utilizado como “input”, o “CAPEX” necessário para o processo de gaseificação e não mais reforma, seria o aumentada em 25%. O “OPEX” da planta foi estabelecido como um percentual do CAPEX: 2%, para uma planta sem flexibilidade; e 4% para uma planta com flexibilidade. O VPL da planta sem flexibilidade foi calculado considerando que a planta seria alimentada com gás natural.

No que diz respeito às despesas cabe ainda a informação de que quando da troca de “input” existe um custo de “setup”<sup>14</sup>, que deve ser agregado ao “OPEX”, e caso a troca seja de output não se agrega custo algum.

---

<sup>13</sup> Costa [8], dá o nome XTL à planta, para caracterizar a aceitação de vários inputs (gás natural, carvão, biomassa, óleo pesado, etc) para gerar o gás de síntese.

<sup>14</sup> Custos de “setup” são os gastos associados para se estabelecer um novo procedimento de fabricação ou operação.



Outras informações utilizadas na análise são mostradas a seguir:  $r$  = taxa de juros livre de risco = 5% aa; taxa de dividendo = 5% aa; investimento: feito linearmente ao longo dos três primeiros anos; eficiência da planta = 93%.

Os estudos conduzidos por Francisco [7], Costa [8] e Vieira [9], culminaram com o desenvolvimento de uma planilha para o cálculo do Valor de uma planta “Gas-to-liquid” com e sem a flexibilidade permitida pela troca de “inputs” e “outputs”. Além desse aspecto, a planilha possibilita que o usuário escolha o processo estocástico (Geométrico Browniano, Reversão à Média ou Reversão à Média com saltos de Poisson) seguido individualmente pelos “inputs” e “outputs”, e um menu com outras escolhas importantes para a projeto que se está analisando.

Os estudos da viabilidade econômica da planta GTL com o auxílio da Teoria das Opções Reais, apresentaram resultados que lançam uma nova luz sobre o problema. Como exemplo pode-se citar os que constam do trabalho de Costa & Samanez [54], em que os valores das plantas sem flexibilidade que utilizam o Gás Natural como “input” apresentam valores negativos; já as plantas com flexibilidade de input (Gás Natural e Óleo Peasado) avaliadas com a Teoria das Opções Reais, para a maioria dos perfis de produção utilizados, mostram VPL’s positivos.

Esses resultados e os apresentados pelas três dissertações de mestrado mencionadas, estimulam o aprofundamento dos trabalhos dos autores, bem como o desenvolvimento de novos modelos que captem outras flexibilidades, agregando assim mais valor ao empreendimento.

### 3.3

#### **Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Gas-to-Liquids**

Mesmo que os resultados econômicos obtidos pelos estudos e viabilidade econômica sejam passíveis de muita discussão, o fato é que o interesse pelo desenvolvimento da tecnologia GTL apresenta um movimento ascendente. A tabela 3.3, apresentada no trabalho de Almeida et. al. [55], serve muito bem para ilustrar esse ponto.

Tabela 3.3 - Evolução do Número de Patentes Relacionadas com a Tecnologia GTL

| <b>Período</b>  | <b>Gás de Síntese</b> | <b>Processo Fischer&amp;Tropsch</b> |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1996 a 2002     | 433                   | 1008                                |
| 1991 a 1995     | 250                   | 514                                 |
| 1986 a 1990     | 265                   | 443                                 |
| 1981 a 1985     | 190                   | 394                                 |
| 1976 a 1980     | 51                    | 334                                 |
| Anterior a 1975 | 0                     | 0                                   |
| <b>Total</b>    | <b>1189</b>           | <b>2693</b>                         |

Fonte: Almeida et. al. [55]

Embora em um ritmo decrescente, o custo do investimento (CAPEX) é considerado um fator importante a travar o barateamento das plantas GTL. Dado que uma inovação revolucionária<sup>15</sup> ainda não se materializou<sup>16</sup>, muitos esforços de P&D que buscam a redução dos custos de investimento (CAPEX) e operacionais (OPEX) estão sendo feitos pelas empresas que pretendem se posicionar em relação às oportunidades reservadas pelo futuro.

Para Francisco [7], Costa [8] e Vieira [9] a distribuição do CAPEX entre as diversas fases do processo GTL, para uma planta que utiliza como matéria-prima o gás natural se dá de acordo com a tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Distribuição Percentual do CAPEX

| <b>ESTÁGIOS</b>            | <b>CAPEX</b> |
|----------------------------|--------------|
| Produção de Gás de Síntese | 60%          |
| Síntese F&T                | 25%          |
| Hidroprocessamento         | 15%          |

Fonte: Francisco [7]

Em termos monetários, uma planta projetada com como uma capacidade nominal de 35.000 barris/dia, a um custo de US\$25.000 o barril, teria seu investimento distribuído de acordo com os valores mostrados na tabela 3.5.

<sup>15</sup> “De forma a se obter um grande impacto na economia do processo, inovações radicais futuras deveriam ser em áreas que diminuísse o custo de capital de geração de gás de síntese e/ou melhorasse a eficiência térmica como um todo.” [57]

<sup>16</sup> O que não quer dizer que não existam atividades de P&D neste sentido.

Tabela 3.5 - Distribuição do “CAPEX”

| ESTÁGIOS                   | CAPEX (x10 <sup>6</sup> ) |
|----------------------------|---------------------------|
| Produção de Gás de Síntese | 525                       |
| Síntese F&T                | 218,75                    |
| Hidroprocessamento         | 131,25                    |
| Total                      | 875                       |

Fonte: Francisco [7]

Os custos operacionais (OPEX), conforme menciona o relatório de Gaffiney & Cline [58], são valores sujeitos a grande incerteza. Costa [8] fixou o “OPEX” anual em 2% do “CAPEX” – equivalente a cerca de US\$1,38/barril - para uma planta sem flexibilidade, enquanto o valor sugerido pelo relatório mencionado indica uma faixa de US\$4,0 a US\$5,5 por barril.

Almeida et. al. [55] informam que os esforços dos agentes envolvidos na melhoria do processo Gas-to-Liquids têm como premissa a redução dos custos de capital, de forma a viabilizar economicamente o empreendimento. Neste sentido vale a pena mostrar o quadro 1, elaborado pelos autores e renomeado para tabela 3.6, que mostra os caminhos tomados pela pesquisa GTL.

Tabela 3.6 - Diferentes Direções de Pesquisa em GTL e suas Características

| Tecnologia                                            | Principais Atores                  | Natureza do Esforço de Inovação | Estágio                              |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Conversão direta                                      | British Petroleum<br>Universidades | Radical                         | Pesquisa básica                      |
| Uso de baixas razões de vapor/carbono nas plantas ATR | Haldo Topsoe<br>Sasol              | Incremental                     | Pesquisa aplicada<br>Desenvolvimento |
| Uso de ar atmosférico em substituição ao oxigênio     | Syntroleum                         | Incremental                     | Pesquisa aplicada                    |
| Reator de leito fluidizado                            | Exxon Chemical                     | Incremental                     | Planta piloto<br>em operação         |
| Reforma por membrana catalítica                       | Consórcio 1<br>Consórcio 2         | Radical                         | Pesquisa básica                      |
| Conversão pelo processo Fischer-Tropsch               | Sasol                              | Incremental                     | Pesquisa aplicada<br>Desenvolvimento |

Consórcio 1: Air Products, ARCO, Ceramtec, Electron Research, Agonne National Laboratory, McDemott Technology, Babcock&Wilcox, Chevron, Norsk Hydro, Pacific Northwest National Laboratory, Pennsylvanic State University e University of Alasca  
Consórcio 2: BP-Amoco, Praxair, Statoil, Philips Petroleum e Sasol

As considerações feitas nesta seção colocam em pauta que, de um lado, os desafios existentes para a viabilidade econômica do processo GTL estão sendo

enfrentados por meio de investimentos em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, e que o caminho para o sucesso da tecnologia mencionada passa pela redução dos custos, especialmente, pela redução do CAPEX; de outro lado, que o modelo para avaliar economicamente um investimento do porte e da complexidade de uma planta GTL não pode ser construído com base nos métodos de desconto dos fluxos de caixa cujo principal expoente é o método do Valor Presente Líquido. Essa perspectiva é um grande incentivo para que se procure desenvolver um modelo com base na Teoria das Opções Reais, que permita avaliar o impacto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento em tecnologia direcionado para a redução dos custos de investimento e operacionais, no valor de uma planta GTL.