

EMISSIONS TRADING MARKET: FROM THE THEORETICAL IDEAL TO THE CUMBERSOME REALITY

I Conferência Luso Espanhola de Gestão e Contabilidade Ambiental – 5/ 6 Maio de 2005

Fernandes, Maria Eduarda

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria

Morro do Lena, Alto Vieiro

2401-951 Leiria

eduarda@estg.ipleiria.pt

Telef. 244 820 300

ABSTRACT

To comply with the commitments assumed under the Kyoto Protocol the European Union (EU) has in July 2003 decided to create an emissions trading market for CO₂. The Directive (Directive between the European Parliament, the Commission and the Council of Environmental Ministers, CEC, 2003) that establishes the market for CO₂ permits will be enforced after January 2005 in all member-states including the youngest ones from the Eastern Europe. It was also determined that emission permits would be grandfathered, and that each member state is committed to undertake domestic programs including the definition of the criterions for the national allocation of those permits.

Therefore the European Union will have a policy instrument that is considered, in the related literature, the most efficient to obtain a given environmental standard. In other words, the emission permits markets can achieve the same environmental goal as other available policy instruments (pigouvian taxes; environmental standards; incentive based policies for renewable energies; etc.) but at a minimal cost. The idea of this instrument was first presented by Crocker in 1966 and Dales in 1968 and rigorously extended by Montgomery in 1972. Since then, there is a large and increasing literature focussing mainly on the advantages of the creation of an emission permits market when compared with the command-and-control programmes. The most common advantages discussed in the literature are: i) the cost efficiency; ii) less conflict between economic growth and pollution reduction goals (because of the dynamic efficiency associated with the system's ability to accommodate new economic conditions and to promote new technologies as well as new products); iii) higher decentralisation of the decision making process; iv) easier political acceptance of pollution control.

However, those advantages arise under a stringent hypothesis that are very difficult, if not impossible, to comply with in the real world. For this reason, comparison of the performance of emission permit markets with other environmental policy instruments, assuming

the ideal world of theoretical models, has important limitations. Therefore economic evaluation of these instruments should take into account the actual conditions of their implementation in the economies. For instance, the theoretical models assume a competitive market structure. In the real world, it is often the case that such a structure is not competitive with market power present. Hereafter, additional research is necessary to evaluate the emission permit markets in the presence of different market failures such as uncertainty; information asymmetry; monopoly; transaction costs; etc. Moreover, the facts have already demonstrated that market institutions and initial allocation methods do matter for the results although its original authors defended the opposite.

Some of the most recent literature appears to be aware of these questions, mainly about the consequences of the deviations from the theoretical model. Nonetheless it usually deals with a particular aspect or one market failure. The goal of this paper is to gather the main studies that have already been done and to present their main conclusions. Our contribution in this paper is to present a systematic and not partial vision of the picture while highlighting the more important issues for the EU market for CO₂ emissions.

INTRODUÇÃO

A obtenção de determinado objectivo ambiental com o menor custo possível, resultante da utilização de direitos de emissão transaccionáveis, pressupunha, como demonstrou formalmente Montgomery (1972), a existência de uma estrutura de mercado de concorrência perfeita. Teoricamente, os ganhos potenciais de um sistema de transacção de títulos de emissão resultam das transacções de títulos que os agentes com diferentes custos marginais de abatimento efectuam, até que os custos marginais de abatimento sejam igualizados e minimizados. Newell e Stavins (2003), por exemplo, modelizam explicitamente a heterogeneidade dos custos das empresas por forma a avaliar os custos de diferentes tipos de regulamentação ambiental. Concluem que quanto mais flexível for a regulamentação, maiores serão as reduções de custos possíveis, e estas reduções dependem, por sua vez, do grau de heterogeneidade dos mesmos. Tendo em conta que o mercado de direitos de emissão é a solução de política que confere maior flexibilidade às empresas para o cumprimento da regulação ambiental, os resultados obtidos por Newell e Stavins (2003), constituem mais uma argumento a favor da utilização deste instrumento de política.

No entanto, a realidade em que estes mercados operam é muito distinta daquela que os modelos teóricos contemplam para chegar aos resultados previstos. Este é, aliás, um facto que tem sido objecto de vários estudos na literatura económica, que alteram o

modelo inicial, por forma a torná-lo mais próximo da realidade, e procuram avaliar se as suas propriedades em termos de eficiência se mantêm ou, pelo contrário, vêm alteradas. Também em termos empíricos, com base na análise dos mercados para direitos de emissão já implementados ou prontos a implementar, se identificam as principais falhas existentes nos mesmos e as características das instituições escolhidas para os reger que, por sua vez, são também causadoras de desvios face aos resultados previstos. Na década de 90 foram vários os exemplos de implementação de mercados de direitos de emissão, sobretudo nos EUA, que permitiram ter, entretanto, a noção dos aspectos práticos mais importantes para o funcionamento do mesmo¹.

Nesse sentido, o objectivo do presente artigo consiste em apresentar, de forma sucinta, os principais resultados e conclusões a que foi possível chegar com os estudos, quer teóricos quer empíricos, entretanto realizados sobre esta questão. Com este pretende-se fornecer uma visão global das principais falhas de mercado habitualmente existentes nos mercados de direitos de emissão em funcionamento, e dos principais problemas que essas representam em termos dos resultados que é possível obter.

Sendo este um instrumento de política ambiental cuja adopção e implementação generalizada se pode considerar relativamente recente (porém, com um papel cada vez maior nos últimos tempos), vários estudos de Economia Experimental proporcionaram nesta área contributos de grande importância². Por esse motivo, serão referidos também neste artigo alguns desses mesmos estudos, destacando as suas contribuições mais importantes. Mestelman (2000), por exemplo, revê os principais resultados das experiências laboratoriais de vários autores relativas a diferentes instrumentos de política ambiental, realçando a importância dessas experiências para uma correcta criação de instituições e mecanismos de regulamentação ambiental. Destaca ainda uma grande vantagem inerente à realização de experiências laboratoriais nesta área: o facto de implicarem menores custos do que os estudos de campo com os mesmos objectivos, por ser, por exemplo, muito mais fácil eliminar uma má iniciativa política no laboratório do que fazê-lo quando esta já está efectivamente aplicada³.

¹ Antes ainda da década de 90, registaram-se nos EUA as primeiras experiências na implementação deste tipo de instrumento: Programa de Transacção de Emissões da EPA (1974-); RECLAIM (1994-); Programa para redução do chumbo (1979-1987); Programa Chuva Ácida (1992-); Fase de redução de CFC (1989 - 1995); Transacção de efluentes (1983-).

² Roth (1988) salienta que a experimentação em laboratório é, tal como a econometria e a teoria dedutiva, um método de investigação. Sobre as principais vantagens e desvantagens da sua utilização em Economia, ver, por exemplo, Roth (1988).

³ A primeira experiência laboratorial efectuada sobre mercados de direitos de emissão foi realizada por Plott (1983), cujo objectivo era testar, através da metodologia experimental, a capacidade deste

Este trabalho é então dividido por secções que dizem respeito a alguns dos principais desvios ou falhas de mercado até ao momento estudados. A última secção conclui, sendo aí salientados alguns desses aspectos para o caso concreto do mercado para o CO₂ da UE.

PODER DE MERCADO

Da implementação dos primeiros mercados de direitos de emissão foi possível verificar que a realidade se afastava da situação modelizada teoricamente por Dales (1968) ou Montgomery (1972), nomeadamente, no que à dimensão do mercado dizia respeito. Mercados relativamente reduzidos e onde uma única empresa surgia como comprador ou vendedor dominante davam origem a comportamentos de abuso de poder de mercado, não previstos aquando da implementação deste instrumento de política. Daí que tenha surgido a necessidade de se aferir se os ganhos de eficiência associados ao funcionamento do mercado de direitos de emissão se continuavam a verificar em condições de monopsónio ou monopólio⁴.

Hahn (1984), Tietenberg (1985) e Misiolek e Elder (1989), por exemplo, reconhecem a possibilidade de um agente exercer poder de mercado e procuram avaliar as suas consequências em termos de eficiência.

instrumento de política internalizar a externalidade que é a poluição. Com a experiência que realizou, Plott (1983) constatou que, no âmbito de um ambiente simples como aquele que utilizou, os modelos tradicionais da literatura económica estão muito correctos e as políticas baseadas nesses modelos funcionam como esperado. Mestelman (2000) refere que, se Crocker (1966), Dales (1968) e Montgomery (1972) elaboraram argumentos escritos bastante eloquentes e formalizaram provas teóricas rigorosas acerca da capacidade dos mercados de direitos de emissão controlarem as emissões poluentes, Plott (1983) providenciou uma demonstração importantíssima sobre o poder dos mercados em reafectarem os direitos de emissão, dando origem ao resultado mais eficiente. A experiência laboratorial de Plott (1983) é de destacar, portanto, por ter alargado a comparação entre os diversos mecanismos alternativos de controlo da poluição também à utilização de direitos de emissão transaccionáveis, e pelo facto dos seus resultados terem constituído um forte incentivo à sua utilização como forma de correcção deste tipo de externalidade.

⁴ Não trataremos neste ponto as consequências em termos de bem-estar social da utilização de um mercado de direitos de emissão para empresas que têm um comportamento oligopolista no *mercado do produto*, comparativamente com o resultado que se obteria com a utilização de instrumentos de comando e controlo. Malueg (1990) e Sartzetakis (1997), por exemplo, tratam esta questão, num modelo que supõe concorrência imperfeita no mercado do produto mas concorrência perfeita no mercado dos direitos de emissão. Concluem que a transacção dos títulos de emissão minimiza, por um lado, os custos do controlo das emissões e, por outro, redistribui a produção entre as empresas devido a imperfeições no mercado do produto e a diferenças nas tecnologias específicas de cada empresa para o controlo da poluição. O primeiro efeito aumenta claramente o bem-estar enquanto o segundo pode diminuí-lo se as empresas ineficientes forem aquelas a ganharem quota de mercado. No entanto, o próprio Sartzetakis refere que a concorrência imperfeita no mercado de direitos de emissão é um problema mais relevante em termos de bem estar social do que aquele que considerou, ou seja, concorrência imperfeita no mercado do produto. O ideal seria, aliás, conciliar estes dois problemas no mesmo modelo.

Hahn (1984) foi o primeiro autor a demonstrar formalmente que o mercado de direitos de emissão, na presença de empresas com poder de mercado, não resulta na minimização dos custos totais de abatimento e que o resultado não é independente da distribuição inicial dos títulos. Hahn (1984) mostrou que os custos totais de abatimento são minimizados apenas quando a empresa com poder de mercado não o exerce porque escolhe não participar no mercado, e isto só acontece quando a afectação inicial dos títulos é a mais eficiente. Ora, este resultado é contrário ao previsto pelo modelo original, onde nem a distribuição nem o preço final dos títulos de emissão seriam afectados pela forma de afectação inicial dos mesmos. Porém, Hahn (1984) demonstra que, numa situação de mercado que se afasta da estrutura concorrencial, quanto mais a afectação inicial de títulos de emissão se afastar da que seria a eficiente, maior o potencial para o exercício do poder de mercado por parte da empresa *price maker*. Daí que Hahn (1984) considere, contrariamente à demonstração inicial de Montgomery (1972), que a decisão acerca da afectação inicial de títulos às empresas tem consequências não apenas de equidade mas também de eficiência.

Desta forma, Hahn (1984) chega à primeira sugestão para a resolução desta falha de mercado: na presença de empresas monopolistas ou monopsonistas no mercado de direitos de emissão, a entidade reguladora deve procurar distribuir os títulos o mais próximo possível do resultado de equilíbrio potencial. Isto porque, por exemplo, uma empresa com poder de monopsonio percebe que o preço de equilíbrio dos títulos aumenta à medida que a sua procura aumenta, por isso, toma este dado em consideração quando determina o número de títulos a adquirir e a quantidade de poluição a abater – decidindo reter a procura por forma a baixar os preços. Daí a importância da distribuição inicial de títulos, pois determina quantos títulos a empresa tem de comprar, potenciando ou mitigando, assim, o poder de mercado do monopsonista.

Esta conclusão de Hahn (1984) trouxe argumentos adicionais a favor da utilização dos leilões, como forma de distribuição inicial dos direitos de emissão. Isto porque, como salienta ser fundamental que a afectação inicial desses direitos esteja o mais próximo possível da eficiente – por forma a evitar o exercício do poder de mercado -, a utilização do leilão para o efeito elimina o problema da falta de conhecimento exacto, por parte do regulador, sobre esse mesmo nível eficiente. Daí que vários estudos posteriores se tenham dedicado a avaliar a capacidade dos leilões em evitar efectivamente o exercício do poder de mercado.

Por seu lado, Tietenberg (1985) apesar de concluir que o exercício do poder de mercado diminui a eficiência do sistema de mercado desenhado para a transacção de direitos de emissão, não valoriza este problema porque considera que ainda assim esta é uma solução mais eficaz em termos de custos do que as que alternativamente vinham sendo usadas (soluções de comando e controlo, muito mais centralizadas). Tietenberg (1985) não considera este problema relevante do ponto de vista prático, já que o poder de mercado, por si só, não influencia a qualidade ambiental, porque ao ser criado o mercado de direitos de emissão é fixado o montante máximo de emissões. Tietenberg (1985) desvaloriza, por isso, os resultados obtidos por Hahn (1984).

Cason *et al.* (2003a) realizam uma experiência laboratorial com o objectivo de testar a conclusão avançada pelo modelo de Hahn (1984). Com os resultados obtidos, Cason *et al.* (2003a) verificaram, entre outras coisas, que os preços e volumes transaccionados dos títulos de emissão, bem como os lucros das empresas, se aproximavam mais do equilíbrio concorrencial do que do equilíbrio monopolista. Com isto concluíam que, pelo menos nos casos em que se recorre a uma instituição do tipo leilão duplo, o poder de mercado pode ter um impacto menor sobre o desempenho do mercado do que aquele que é apontado pelos modelos tradicionais de concorrência imperfeita. Por outro lado, pelo menos nesta experiência, a afectação inicial dos direitos de emissão não teve grande impacto sobre o desempenho obtido no mercado, o que significa, segundo Cason *et al.* (2003a), que não será necessário alterar a afectação inicial de títulos de emissão para que seja introduzida alguma concorrência no mercado.

Os próprios autores da experiência salientam porém, ser necessário testar a robustez destas conclusões. Isto é, para se concluir da validade da recomendação de Hahn (1984), estes resultados, obtidos com uma estrutura do tipo leilão duplo, deveriam ser comparados com os que se obteriam com um leilão do tipo *posted offer* ou com outras instituições de negociação bilateral.

As conclusões de Cason *et al.* (2003a), para o mercado de direitos de emissão, corroboram os resultados de Smith (1981), Smith *et al.* (1989), Holt *et al.* (1986), Davis *et al.* (1991) e Sbriglia *et al.* (1996), entre outros, que referiam que a utilização do leilão duplo para a realização das transacções impedia o exercício do poder de mercado, no mercado do produto⁵. No entanto, para o caso concreto do mercado de direitos de

⁵ Relativamente ao exercício do poder de mercado, estas experiências concluíram que a instituição de mercado influencia o resultado final obtido e permite, ou não, que as empresas exerçam esse mesmo poder de mercado. O leilão duplo foi, das instituições testadas, aquele que melhor se adequou a situações

emissão, foram várias as experiências que chegaram a resultados opostos sobre esta questão.

As experiências de Ledyard *et al.* (1994) e Brown- Kruse *et al.* (1995), por exemplo, demonstram o exercício do poder de mercado por parte de empresas dominantes, em mercados de direitos de emissões, mesmo quando se opta por leilões duplos, podendo a eficiência daí resultante ser inferior à obtida com políticas de comando-e-controlo. Godby (1996, 1999 e 2000) replicou as experiências de Brown-Kruse *et al.* (1995) e chegou a resultados semelhantes, tal como Muller *et al.* (2002), posteriormente.

A experiência laboratorial realizada por Carlén (2003) sobre esta matéria, diferencia-se das anteriores pelo facto de analisar o caso específico do funcionamento de um mercado de direitos de emissão internacional e não nacional. Carlén (2003) procurou conceber uma experiência que se aproximasse o máximo possível dos mercados de transacção de direitos de emissão de carbono entre governos de diferentes países. Desta forma, a informação produzida pela experiência seria de maior relevância na indicação se o fenómeno em análise tem ou não probabilidade de vir a ocorrer na realidade.

Os resultados de Carlén (2003) indicam que os volumes e preços de mercado, convergiam para os níveis competitivos. No entanto, Carlén (2003) salienta que, devido ao reduzido número de observações produzido nesta experiência, se torna necessário realizar testes futuros para averiguar se agentes bem treinados tenderiam, ou não, a gerar, predominantemente, preços estáveis em torno do valor de equilíbrio concorrencial.

Algo distinto é o modelo teórico construído por Misiolek e Elder (1989) com o intuito de analisar as consequências da manipulação estratégica dos preços dos títulos de emissão, por parte de empresas com poder de mercado. Ou seja, estas empresas exercem o seu poder de mercado não com vista a minimizarem os seus custos para cumprir determinado objectivo ambiental, mas sim com o objectivo de aumentarem os custos de produção das empresas suas concorrentes.

em que existe a possibilidade de exercício de poder de mercado. Isto porque, diminui a capacidade das empresas aumentarem os preços, comparativamente ao preço concorrencial, por atribuir poder adicional ao lado da procura, ou seja, devido aos incentivos de ofertas com preços mais reduzidos no último minuto e à natureza sequencial das trocas nesta instituição de mercado. Como as reduções de preço, de última hora, se tornam do conhecimento público, os compradores têm um incentivo para, nos períodos seguintes, aguardarem pelas mesmas, o que faz com que seja cada vez mais difícil às empresas (ou empresa, no caso do monopolista) exercerem o poder de mercado.

As conclusões a que Misiolek e Elder (1989) chegam diferem das apontadas em estudos que se centravam no problema do monopólio simples. Isto porque, a manipulação estratégica dos direitos de emissão pode ser uma estratégia efectiva para aumentar a quota de mercado e os lucros da empresa dominante, detendo esta *sempre* mais direitos de emissão do que faria noutra situação. Por isso, Misiolek e Elder (1989) concluem que a transacção de direitos de emissão pode ser menos eficiente em termos de custos do que as formas de regulação ambiental mais tradicionais, contrariamente ao que era defendido até então pela teoria económica.

Misiolek e Elder (1989) destacam assim a diferente natureza das actividades das empresas e as suas implicações para a eficiência no abatimento da poluição, comparando a manipulação estratégica com a manipulação simples. Contribuem, portanto, para a elaboração de políticas ambientais que pretendem alcançar um determinado objectivo através da criação de mercados de direitos de emissão, e nestes existe uma empresa com poder de mercado. Uma empresa monopsonista no mercado de títulos não implica necessariamente compra insuficiente de títulos por parte da mesma, podendo, pelo contrário implicar compra excessiva, pelo que Misiolek e Elder (1989) salientam que as intervenções por parte das entidades responsáveis, por forma a limitar comportamentos de abuso de poder de mercado, têm de considerar estes dois tipos de manipulação, a simples e a estratégica, já que estas exigem diferentes formas de tratamento.

Com o intuito de testar os resultados de Misiolek e Elder (1989), Carlén (2002) realiza também uma experiência laboratorial. Este problema, como lembra o próprio autor, coloca-se, sobretudo, para as empresas energéticas, cujos custos de produção dependem grandemente do preço dos títulos de emissão, existindo, neste caso, incentivos para que a empresa dominante explore estas interdependências, ou seja, leve a cabo manipulação estratégica dos títulos de emissão que possui.

A hipótese teórica testada por Carlén (2002) é a de que este tipo de manipulação do mercado diminui os ganhos sociais da transacção dos direitos de emissão, podendo mesmo dar origem a resultados negativos. Testa o caso da manipulação estratégica em condições muito semelhantes às existentes nos mercados do carbono reais, particularmente entre produtores de electricidade. Carlén (2002) considera quer o mercado do produto quer o mercado das emissões regulados em leilão duplo, testando assim o poder de mercado em mercados de leilão duplo inter-relacionados.

Os resultados obtidos com esta experiência levam Carlén (2002) a rejeitar a teoria da manipulação estratégica de Misiolek e Elder (1989), pois o mercado de direitos de emissão foi bastante concorrencial.

Assim, tendo em conta a grande discrepância de resultados obtidos em diversas experiências laboratoriais, nomeadamente para mercados de produto e mercados de direitos de emissão, onde existe poder de mercado, conclui-se ser fundamental a realização de investigação adicional, com vista a esclarecer estas diferenças e a identificar as características do mercado de direitos de emissão que justificam estes resultados distintos.

INCERTEZA

Outra questão originalmente não contemplada aquando da análise da eficiência dos mercados de direitos de emissão diz respeito à existência de incerteza quer por parte das empresas quer por parte do regulador, já que a informação necessária a uma correcta tomada de decisão não está totalmente disponível à partida.

No que respeita à entidade reguladora, a incerteza situa-se sobretudo ao nível dos benefícios sociais do abatimento da poluição ou, o que é o mesmo, ao nível do valor dos danos ambientais evitados⁶. Por isso, normalmente a entidade reguladora fixa um objectivo ambiental, com base nos conhecimentos que possui, comparando-se de seguida a eficácia dos diferentes tipos de instrumentos ambientais para atingir o mesmo. No que respeita concretamente à utilização de direitos de emissão transaccionáveis, as entidades responsáveis poderiam pretender alterar o número de títulos de emissão colocados no mercado, depois de resolvidas estas incertezas⁷.

Porém, a incerteza não existe apenas do lado dos benefícios ambientais do abatimento mas também no que respeita aos custos de abatimento por parte das empresas. Vários motivos justificam a incerteza das empresas relativamente à respectiva

⁶ Como referem Laffont *et al.* (1996), por exemplo, avanços na ciência podem demonstrar que os danos ambientais causados pela poluição futura são muito maiores ou muito menores que o esperado. Salientam também que o preço das tecnologias mais limpas, por seu lado, pode flutuar bastante, alterando assim os níveis de poluição socialmente óptimos no futuro.

⁷ Smith *et al.* (2003) salientam precisamente o facto de, em mercados de direitos de emissão cujo nível máximo de emissões poluentes é fixado de forma exógena, não se poder correctamente, atingir a eficiência ambiental. O regulador não possui, normalmente, informação perfeita acerca dos custos e benefícios da poluição e, por isso, não consegue escolher o valor eficiente de títulos de emissão a colocar no mercado. Smith *et al.* (2003) apontam uma solução possível para este problema: passar a ter mercados de direitos de emissão com *emissões totais endógenas*, permitindo para o efeito que todas as partes afectadas pelas mesmas expressem no mercado o valor dos seus custos ou benefícios da poluição, aumentando-se assim o bem-estar em relação aos mercados com emissões exógenas.

curva dos custos marginais de abatimento. Nomeadamente, as empresas podem não saber com exactidão se os seus mecanismos de controlo da poluição irão funcionar ou, por outro lado, quais as flutuações que se verificarão na procura do seu produto pelo que não sabem à partida quais as quantidades que irão produzir. Ora, se a procura de títulos de emissão depende das descargas poluentes da empresa que, por sua vez, dependem das escolhas tecnológicas existentes e do volume de produção da empresa, que esta não controla com exactidão, a quantidade de direitos de emissão necessária será também incerta. Este é o tipo de incerteza sobre a qual recai maior atenção por parte da literatura económica: quer sobre as consequências da mesma quer sobre as eventuais soluções para o problema⁸.

Weitzman (1974) e vários outros autores que se lhe seguiram, mostraram que a vantagem associada à implementação de um mercado de direitos de emissão, ou seja, ser o instrumento de política ambiental mais eficiente na obtenção de determinado objectivo, não era verdadeira num contexto de incerteza relativamente aos custos de abatimento da poluição. A conclusão que Weitzman (1974) retira sobre a eficiência de instrumentos *preço* (por exemplo, impostos sobre as emissões poluentes) comparativamente com a que se obtém com instrumentos *quantidade* (por exemplo, a criação de mercados para transacção de direitos de emissão) é a de esta depende da curvatura das funções custo e benefício em torno do nível óptimo de output. Ou seja, não existe uma vantagem absoluta do mercado de direitos de emissão face aos restantes instrumentos de política, como se vinha defendendo^{9 10}.

Carlson e Sholtz (1994) salientam que, num contexto de incerteza, as empresas têm tendência para guardarem títulos para fazer face a eventuais imprevistos, o que origina perdas de eficiência no mercado de direitos de emissão, quando se verifica que esses títulos inutilizados não eram necessários, e que poderiam ter sido vendidos e

⁸ Não será objecto de estudo neste artigo, a discussão sobre políticas óptimas para controlo das restrições sobre a poluição, no caso de esta ser aleatória, e restrições de emissões probabilísticas. Sobre esse assunto, ver por exemplo, Beavis e Walker (1983a e b); Beavis e Dobbs (1987) e Hennessy *et al.* (1999).

⁹ Vários foram os desenvolvimentos realizados sobre o modelo deste autor. Os trabalhos de Stavins (1996) e Newell *et al.* (2003), por exemplo, seguem a linha de investigação de Weitzman (1974) com o intuito de desenvolver o seu modelo, fazendo com que este fosse aplicável em situações diferentes das que aquele previa.

¹⁰ Para o caso da política climática global, em contexto de incerteza, ver Jacoby *et al.* (2004), que analisam a questão da eficácia dos instrumentos de política quantidade vs preço. No âmbito do protocolo de Quioto é escolhido o instrumento quantidade em detrimento do instrumento preço, apesar deste último ser o recomendável em situações de incerteza para os gases com efeito de estufa. Jacoby *et al.* (2004) apontam então uma solução, designada por **válvula de segurança**, que surge da necessidade de conjugar a superioridade do instrumento preço para os poluentes stock e a aparente maior atractividade política de uma abordagem pelas quantidades, ou seja, sugerem uma solução híbrida para o problema. Os antecedentes desta proposta encontram-se já, por exemplo, em Roberts e Spence (1976).

utilizados por outra empresa. No entanto, a incerteza pode dar origem a perdas de sentido contrário: no final do período as empresas podem constatar que emitiram mais poluentes do que aqueles que lhes era permitido, tendo em conta os títulos que possuíam, pelo que têm de suportar uma penalização. Em qualquer um dos casos, o que acontece geralmente é que quando se chega ao final do período de controlo, as emissões efectivas desse mesmo período não são ainda conhecidas com certeza. Quando a instituição de mercado criada prevê a existência de um período de reconciliação, as empresas que ficam com excedentes ou falta de títulos têm de anular as suas posições nessa fase. Se as empresas adoptarem esta estratégia de seguro, muito provavelmente os títulos disponíveis no mercado nunca serão iguais à procura e gerar-se-á uma enorme volatilidade dos títulos de emissão à medida que se aproxima o final do seu período de validade. Estas perdas económicas potenciais criam, como referem Carlson e Sholtz (1994), um incentivo para o aparecimento de novos desenvolvimentos sobre estas instituições de mercado.

Carlson e Sholtz (1994) apresentam várias sugestões de alteração mas a que consideram ser mais eficaz é a que diz respeito à alteração das datas de emissão e expiração dos títulos de emissão. Uma maior flexibilidade, que permita aos participantes no mercado responder a acontecimentos aleatórios, usando os títulos de emissão poluentes da forma que lhes maximize a eficiência, faz com que o mercado ambiental opere também mais eficientemente. A sugestão apontada por Carlson e Sholtz (1994) para introduzir essa maior flexibilidade no mercado foi a criação de títulos de emissão com datas de expiração diferentes. Estes títulos alternados, em vez dos uniformes até então utilizados, removiam as restrições que criavam dificuldades às empresas devido, nomeadamente, à obtenção dos relatórios de emissões de forma desfasada no tempo ou a alterações inesperadas no volume de negócios da empresa.

Com este tipo de títulos de emissão, a entidade reguladora veria, por parte das empresas, reacções muito mais suaves face a acontecimentos não previstos pelas mesmas, pelo que deixavam de verificar-se períodos de poluição muito acentuada, com violação dos objectivos ambientais definidos. Carlson e Sholtz (1994) concluíam que os riscos inerentes à gestão da poluição seriam, desta forma, reduzidos. Por isso, os preços de mercado destes títulos desfasados reflectiriam de forma mais correcta os custos marginais de abatimento, sendo este um requisito essencial da obtenção de eficiência económica.

Porter (1993) realizou uma experiência laboratorial com o intuito de analisar o problema da incerteza por parte das empresas e testar os instrumentos alternativos sugeridos por Carlson e Sholtz (1994), como forma de resolução para o mesmo. Os seus resultados permitiram confirmar que, com os títulos alternados, os preços se alteravam gradualmente e não se verificavam picos de poluição, como anteriormente. Porter (1993) verificou ainda que os indivíduos conseguiam lucros mais elevados com estes títulos de duração desfasada do com os de duração uniforme, um resultado indicativo do aumento da eficiência verificado com esta alteração.

Como forma de solucionar o problema da incerteza sentida pelas empresas, Muller e Mestelman (1998) defendem que lhes seja permitido usarem títulos não utilizados em períodos anteriores, pois assim as empresas podem poupar direitos de emissão num determinado período por forma a satisfazer qualquer procura inesperada em períodos posteriores. Ou seja, defende-se que a validade dos títulos de emissão poluentes vá além do período para o qual foram originalmente emitidos: o chamado *banking* de títulos na literatura económica.

Esta solução é, porém, frequentemente desaconselhada por outros, que consideram que a capacidade da entidade reguladora para controlar a distribuição das emissões ao longo do tempo vem assim diminuída. Carlson e Sholtz (1994), aliás, referem ainda que ao permitir-se o *banking* dos títulos, se acentua a possibilidade de não cumprimento dos objectivos ambientais, se estes estabelecerem taxas de redução das emissões poluentes para determinados períodos.

Ainda que estes receio tenham algum fundamento, a introdução desta possibilidade tem sido frequentemente estudada e mesmo implementada, por se considerar que evita que os excessos de procura ou oferta no final dos períodos dêem origem a preços dos títulos de emissão demasiado altos ou demasiado baixos, respectivamente¹¹.

Kling e Rubin (1997) analisam o sistema de transacção de títulos de emissão com utilização intertemporal não só da perspectiva individual da empresa mas também da perspectiva da sociedade. A conclusão a que chegam é que, em muitos casos, a melhor solução privada não corresponde à socialmente óptima, sobretudo quando os

¹¹ Rubin (1996) estuda as consequências de se introduzir a possibilidade de *banking* e *borrowing* (utilização no presente de títulos de emissão a que a empresa tem direito em momentos futuros) mesmo num contexto de certeza. Este conclui que os custos de cumprimento dos objectivos ambientais impostos às empresas diminuem, porque se permite que estas ajustem o seu fluxo de emissões de forma mais flexível ao longo do tempo.

danos totais da poluição dependem não só da quantidade total de emissões poluentes mas também do momento em que ocorrem. Por esse motivo, Kling e Rubin (1997) propõem a construção de um sistema modificado, que não permita transacções de títulos entre períodos na base de um-por-um, penalizando, por exemplo, o pedido de empréstimo de emissões com a taxa de desconto. Ou seja, tal como um banco financeiro, este sistema de *banking* modificado paga juros sobre as poupanças e o de *borrowing* recebe juros sobre os débitos. No entanto, Kling e Rubin (1997) salientam que este sistema só é desejável para os casos em que se pode assumir que os danos sociais são lineares e estacionários.

Yates *et al.* (2001) analisam também se deve ou não permitir-se o *banking* e *borrowing* de títulos de emissão e concluem que os parâmetros críticos para a determinação da resposta a esta questão são os declives da função agregada do custo marginal de abatimento e da função dos danos marginais. Yates *et al.* (2001) acrescentam ainda que, nos casos em que se deve permitir a utilização intertemporal de títulos, não se deve permitir a troca de um título no presente por um outro em momento futuro, por não ser socialmente óptimo, tal como haviam concluído Kling e Rubin (1997).

Leiby e Rubin (2001), por seu lado, desenvolvem um modelo que contempla o sistema de transacção intertemporal de títulos para poluentes que criam danos ambientais, quer através das suas emissões, quer através da sua acumulação (poluentes stock). O trabalho destes autores analisa também a transacção intertemporal de títulos quando já se encontra em vigor um determinado padrão temporal na afectação dos títulos, devido, por exemplo, a negociações políticas ou diplomáticas.

Para situações em que é fixado previamente um padrão de afectação de títulos não-óptimo, Leiby e Rubin (2001) mostram a forma como a entidade reguladora pode usar o *banking* e *borrowing* de títulos de emissão para melhorar o bem-estar social. No entanto, salientam que um sistema de *banking*, construído de forma incorrecta - permitindo, por exemplo, a troca de um título por outro ao longo do tempo - pode aumentar substancialmente os custos sociais líquidos do abatimentos dos gases com efeito de estufa, em vez de os reduzir. Por outro lado, um sistema de títulos que use, correctamente, uma taxa de transacção intertemporal não-unitária pode, dependendo da sensibilidade particular do caso em análise, permitir reduções substanciais dos custos

comparativamente com um sistema de títulos do tipo daquele em que se baseia o protocolo de Quioto¹².

Godby *et al.* (1997), por exemplo, realizaram uma experiência com o intuito de investigar as implicações em termos de eficiência e estabilidade do mercado de títulos de emissão poluentes, de se permitir o *banking* dos mesmos e se incluir a transação de direitos sobre uma determinada fracção dos títulos de emissão a serem emitidos em períodos futuros (isto é, transacção de *shares*). Num contexto de incerteza sentida pelas empresas quanto ao nível de emissões poluentes efectivas, Godby *et al.* (1997) verificaram que a instabilidade dos preços dos títulos de emissão que se registava no modelo original é praticamente eliminada quando se permite a utilização dos títulos em períodos posteriores àquele para o qual foram emitidos. De acordo com os resultados obtidos, este tipo de títulos tem um efeito forte e positivo sobre a eficiência dos mercados de títulos de emissão transaccionáveis, registando-se aí um aumento do volume de transacções. Por outro lado, chegaram também à conclusão que a introdução dos futuros, na presença de *banking*, apesar de diminuir o volume de transacções, melhora a eficiência deste mercado.

Tendo em conta que estes resultados obtidos por Godby *et al.* (1997) não são previstos pela teoria económica, e os próprios autores da experiência não conseguiram explicar os motivos deste inesperado resultado – isto é, melhoria da eficiência com a utilização conjunta de *shares* e possibilidade de *banking* de títulos -, esta é uma questão em aberto para investigações futuras.

Sobre o caso concreto da incerteza que as empresas sentem quando entra em funcionamento um mercado de direitos de emissão, por não conhecerem claramente a sua forma de funcionamento e ser difícil prever os preços dos títulos de emissão, debruça-se Coggins *et al.* (1996). O seu contributo consistiu em estimar os preços dos títulos de emissão, ou os preços sombra desses mesmos títulos, com base na técnica de cálculo da função distância -, sendo esta a tal informação necessária à tomada de decisão das empresas quanto aos investimentos a fazer ou não para o cumprimento da regulação ambiental.

Em suma, sobretudo no que respeita à incerteza das empresas quanto aos custos totais de abatimento, existe unanimidade sobre as suas consequências – enorme volatilidade de preços na fase de reconciliação do mercado e redução da eficiência –

¹² Para o caso concreto do protocolo de Quioto, ver a simulação efectuada por Stevens e Rose (2002) com vista à análise, nomeadamente, das consequências de se permitir o *banking* e *borrowing* de títulos.

sendo, portanto, imprescindível a sua redução. A utilização intertemporal dos direitos de emissão tem reunido algum consenso, como solução para este problema, mas também aqui persistem algumas questões que estudos futuros terão de contemplar.

CUSTOS DE TRANSACÇÃO

A partir do momento em que surgiram as primeiras aplicações deste instrumento de política ambiental, surgiram também estudos empíricos que mostraram que os ganhos de eficiência dos mercados de títulos de emissão eram menores do que os previstos pela teoria económica, porque também a quantidade de títulos transaccionada era inferior à óptima, devido à existência de custos de transacção. Hahn. (1989), Atkinson *et al.* (1991), Gangadharan (2000), entre outros, concluíram que o reduzido número de transacções efectuadas no mercado de transacção de títulos de SO₂ nos EUA se devia aos elevados custos de transacção, consequência das regras do processo de transacção desses títulos, que originavam desvios relativamente ao equilíbrio de mercado mais eficiente. Destes estudos verifica-se a influência que as entidades reguladoras podem ter sobre a magnitude dos custos de transacção, através da escolha das regras de transacção que implementam e dos detalhes da concepção da instituição de mercado. Esta é, aliás, uma questão que tem merecido grande atenção para o caso específico do mercado internacional para a transacção de direitos de emissão, e restantes mecanismos flexíveis previstos no protocolo de Quioto - a Implementação Conjunta (IC) e os Mecanismos de Desenvolvimento Limpos (CDM – *Clean Development Mechanism*) -, por se considerar que os custos de transacção inerentes aos mesmos terão implicações significativas¹³.

Da análise feita aos mercados de direitos de emissão em funcionamento foi então possível identificar a presença de custos de transacção de vários tipos e em diferentes fases do mercado. Antes de entrarem no mercado as empresas suportam custos, que se traduzem em efectivo dispêndio de recursos: porque têm de estudar as regras de mercado; determinar a forma como deve ser ajustado o plano de produção óptimo, por forma a contemplar a regulamentação ambiental; e, finalmente, decidir se devem ou não entrar no mercado para transaccionar títulos de emissão¹⁴. Depois de decidirem entrar no mercado, as empresas têm de procurar outras com quem possam

¹³ Ver, por exemplo, Woerdman (2001).

¹⁴ Gangadharan (2000), por exemplo, mostrou que muitas empresas não efectuaram quaisquer transacções nas fases iniciais dos programas que criavam os mercados de direitos de emissão mas à medida que os mercados se tornavam mais maduros, os custos iniciais diminuía e a participação das empresas no mercado aumentava.

transaccionar os títulos de emissão e, depois de encontradas, têm ainda de suportar os custos de negociação e de decisão. Mesmo depois de celebrado o contrato entre as partes, é necessário garantir o seu cumprimento, ou seja, a entrega dos títulos por parte da empresa vendedora, o que pode ainda acarretar custos adicionais.

Um trabalho de referência no âmbito do mercado de direitos de emissão com custos de transacção é o de Stavins (1995). Este inclui explicitamente na função custo de abatimento das empresas os custos de transacção que as mesmas têm de suportar e chega à conclusão que, em consequência da inclusão dos custos de transacção, o volume de transacções das empresas diminui, tornado-se assim inferior ao óptimo. Ou seja, conclui que os custos de transacção diminuem o nível de bem-estar da sociedade, em parte porque absorvem recursos que deixam de poder ser utilizados para outros fins e, por outro lado, porque eliminam a troca de títulos de emissão que, se ocorressem, seriam benéficas para ambas as partes. Stavins (1995) salienta que este é um problema de maior relevância em mercados de reduzida dimensão, já que em mercados com um elevado número de empresas e com transacções frequentes se gera mais informação, o que reduz os custos de transacção a suportar.

Stavins (1995) analisa ainda até que ponto, na presença de custos de transacção, os custos totais de controlo da poluição são independentes, ou não, da distribuição inicial dos direitos de emissão e conclui que a resposta a esta questão depende do comportamento dos custos de transacção. Isto é, se os custos marginais de transacção forem constantes, os resultados habituais da teoria económica para estes mercados continuam válidos - os resultados finais em termos de custos e eficiência são independentes da afectação inicial dos títulos de emissão -, mas, se esses custos forem crescentes ou decrescentes, a afectação inicial dos direitos de emissão já influencia o resultado final do mercado, em termos de eficiência e não apenas em relação à equidade ou distribuição dos ganhos. Também Stavins (1995) considera fundamental uma afectação inicial dos títulos de emissão que esteja o mais próxima possível da eficiente¹⁵, neste caso para evitar a necessidade de muitas transacções. Por outro lado, defende ainda que estes programas ambientais sejam concebidos por forma a fornecer o máximo da informação necessária, já que os custos de transacção estão directamente relacionados com dificuldades na sua obtenção.

¹⁵ Tal como Hahn (1984) fez, mas com outro objectivo – o de impedir o exercício do poder de mercado.

Montero (1997) desenvolve o trabalho de Stavins (1995) mas incorpora, além dos custos de transacção, a incerteza – sobre a possibilidade da transacção de títulos de emissão ser ou não aprovada pela entidade reguladora, que era uma característica de algumas instituições dos EUA - e permite que as curvas dos custos marginais de controlo sejam descontínuas¹⁶.

No entanto, Montero (1997) chega a conclusões semelhantes à de Stavins (1995): os custos de transacção e a incerteza reduzem o bem-estar geral do sistema, absorvendo directamente recursos que poderiam ser utilizados de outra forma, e diminuindo trocas, mutuamente benéficas, que se desenvolveriam caso contrário. O modelo numérico deste autor mostrou, porém, que, mesmo para níveis elevados de custos de transacção e incerteza, um mercado para transacção de direitos de emissão tem custos totais esperados de controlo da poluição substancialmente inferiores aos de um sistema de comando-e-controlo. Por outro lado, tal como Stavins (1995), Montero (1997) mostra também que, na presença de incerteza e/ou escolhas para o controlo de emissões discretas, a distribuição inicial dos títulos de emissão tem influência também sobre a eficiência do mercado.

Cason *et al.* (2003b) realizam uma experiência laboratorial com o objectivo de avaliar o impacto causado pela existência de custos de transacção nos mercados de direitos de emissão, sobre a eficiência dos mesmos. Focalizaram a sua análise apenas na interacção entre diferentes funções custos de transacção e diferentes distribuições iniciais dos títulos de emissão, por forma a testar as hipóteses teóricas do modelo de Stavins (1995).

Dos resultados obtidos com esta experiência, Cason *et al.* (2003b) concluem que a existência de custos de transacção faz com que os preços do mercado de direitos de emissão se desviem do modelo de referência. Verificam também que, tal como previa Stavins (1995), quando os custos marginais de transacção são decrescentes, e a afectação inicial dos títulos de emissão se afasta bastante da eficiente, os preços e as quantidades finais dos títulos de emissão se desviam menos do equilíbrio que ocorreria com custos de transacção nulos. Isto porque, o impacto marginal dos custos de transacção, quando estes são decrescentes, é menor se a afectação inicial for muito

¹⁶ De acordo com Montero (1997), o modelo de Stavins (1995) não permitia perceber como é que alterações significativas nos custos de transacção, e não incrementais, na incerteza e na afectação inicial de títulos afectam o preço de equilíbrio, o volume transaccionado e os custos totais de controlo, especialmente no caso das escolhas das tecnologias de controlo serem discretas, e não curvas de custos marginais contínuas.

afastada da eficiente e, portanto, tiver de realizar-se um elevado volume de transacções para reafectar os títulos de emissão. Também consistente com o modelo teórico de Stavins, foi a conclusão de Cason *et al.* (2003b) de que, quando os custos marginais de transacção são constantes, a afectação inicial de direitos de emissão não influencia os preços de mercado nem as quantidades transaccionadas.

As implicações políticas dos resultados a que chegam Cason *et al.* (2003b) dependem em muito do tipo de custos de transacção que estiverem em causa: custos reais em termos de recursos ou apenas simples transferências para outros agentes da economia. Se se tratarem de custos reais - relacionados com a publicação da informação, a aquisição da mesma, etc. - então estes representam uma perda líquida de bem estar para a economia que deveria ser incluída nos custos totais do programa de transacção de direitos de emissão. Se, pelo contrário, os custos de transacção disserem respeito a transferências para outros agentes - taxas pagas aos correctores, por exemplo - , então esses custos não são perdas líquidas de bem-estar e por isso a afectação inicial dos títulos de emissão não é tão importante.

Em suma, os resultados da experiência de Cason *et al.* (2003b) confirmam o argumento teórico avançado por Stavins (1995) que defende que, ao implementar-se um mercado para os direitos de emissão, os reguladores devem tomar em consideração a forma como as regras do mercado que vão criar afectam os custos de transacção. Depois disso, devem ainda tomar em consideração o comportamento desses custos e decidir a forma de afectação inicial dos direitos de emissão em conformidade.

A INFLUÊNCIA DA INSTITUIÇÃO DE MERCADO ESCOLHIDA

A teoria neoclássica minimiza, ou simplesmente ignora o impacto das instituições de mercado escolhidas e seu potencial impacto sobre o resultado final de mercado. Só com a análise empírica dos resultados obtidos em diversos mercados se começou a destacar a necessidade de perceber as consequências inerentes à escolha de diferentes instituições de mercado¹⁷. Esta constatação passou-se também para o caso específico dos mercados de direitos de emissão. Solomon (1999), por exemplo, analisa os mercados de direitos de emissão já implementados, sobretudo nos EUA, colocando especial ênfase nas

¹⁷ Uma nova área do pensamento económico, surgida recentemente, pretende precisamente destacar este aspecto: a *New Institutional Economics* (NIE). No fundo, esta é uma corrente de pensamento económico que reconhece claramente a importância das instituições de mercado para a obtenção dos resultados finais. Solomon (1999), que se insere nesta corrente de pensamento económico, salienta, porém, que só recentemente começaram a surgir aplicações da NIE na área das políticas ambientais.

estruturas institucionais e processos adoptados nesses mercados. Utiliza para o efeito uma abordagem pragmática para tentar identificar os principais problemas e pontos fortes dos mercados de direitos de emissão já em vigor, por forma a incorporar esses conhecimentos na concepção de programas futuros. No fundo, este tipo de análise pretende identificar a forma como diferentes instituições de mercado têm influência sobre as falhas de mercado a que nos temos vindo a referir: a incerteza, os custos de transacção ou o poder de mercado, entre outros¹⁸.

Cason (1993), por exemplo, no estudo que efectua à proposta específica da EPA para a criação de um mercado de SO₂ nos EUA, dedica especial atenção às regras da instituição de mercado previstas para a condução de leilões com vista à transacção dos direitos de emissão deste poluente. Com este estudo Cason (1993) concluiu que as regras de funcionamento do mercado para a transacção de SO₂ escolhidas pela EPA poderiam dar origem a grandes enviesamentos dos preços de mercado, reduzindo significativamente a sua eficiência e as vantagens de o implementar.

No seu estudo sobre políticas ambientais de combate às alterações climáticas globais, Stavins (1997) dá particular destaque e importância às questões institucionais associadas às mesmas. Se, como salienta, os economistas devem continuar a contribuir para a correcta determinação dos objectivos ambientais e dos instrumentos de política mais eficazes, não podem também ficar alheios às questões políticas que se tornam em barreiras para a resolução deste problema global. Stavins (1997) refere que estas dimensões políticas e institucionais, geralmente não consideradas pelos economistas, devido, nomeadamente, à natureza analítica dos instrumentos da Economia, devem fazer parte de uma abordagem mais abrangente e interdisciplinar do problema.

Por seu lado, Kling e Zhao (2000) mostram que, no longo prazo, um aspecto específico do funcionamento do mercado que é a afectação inicial de direitos de emissão, pode ter implicações nos custos totais de abatimento, isto é, na eficiência, contrariamente ao previsto pela teoria económica, que defende que esta questão tem implicações apenas ao nível da equidade. Estes autores defendem que, quando os

¹⁸ No entanto, antes ainda de determinada instituição de mercado influenciar o resultado final do mercado de direitos de emissão é necessário que este seja implementado como instrumento de política. Ora, o que acontecia, é que os instrumentos baseados em incentivos económicos enfrentavam dificuldades de aceitabilidade política por serem vistos como mais uma forma de angariar receitas públicas. A proposta de Hahn e Noll (1982) relativamente ao funcionamento deste mercado, no que respeita especificamente à distribuição inicial dos títulos, visava anular este argumento contra a implementação dos mercados de direitos de emissões. Propuseram assim, aquilo que designaram por leilão neutro em termos de receitas (*Revenue Neutral Auction - RNA*). Para mais desenvolvimentos sobre a forma de funcionamento do mesmo, consultar Hahn e Noll (1982).

mercados dos direitos de emissão influenciam as decisões de entrada e saída na indústria por parte de empresas competitivas, a proporção eficiente de títulos leiloados vs. distribuídos gratuitamente depende da natureza do poluente. Kling e Zhao (2000) concluem que, para poluentes globais – responsáveis, nomeadamente, pelas alterações climáticas ou pelo buraco do ozono -, todos os títulos deveriam ser leiloados, mas para os poluentes locais, alguns deveriam ser distribuídos gratuitamente.

Existem, na realidade, diversas experiências em laboratório cujo objectivo é testar os resultados, em termos de eficiência, obtidos em mercados organizados de diferentes formas¹⁹. Sobretudo nos EUA, são vários os estudos que utilizam a metodologia experimental, com vista a analisar as consequências inerentes à escolha de um determinado tipo de regras para o mercado: Franciosi *et al.* (1993)²⁰; Cason e Plott (1996)²¹; Cason e Gandagharan (1998)²², entre outros.

A partir dos já diversos estudos realizados sobre esta questão é então possível concluir que a instituição de mercado escolhida para a transacção dos direitos de emissão, incluindo as condições de arranque do mesmo, é relevante para o seu resultado final. Deve, por isso, ser um aspecto a ter em conta pelas entidades responsáveis aquando da concepção deste instrumento de política.

INCUMPRIMENTO DOS LIMITES DE EMISSÕES ESTABELECIDOS

O problema do incumprimento não é considerado muito relevante para o estudo do funcionamento dos mercados de direitos de emissão mas tem, necessariamente, implicações sobre a eficiência dos mesmos.

Este incumprimento verifica-se porque, geralmente, as entidades reguladoras responsáveis possuem orçamentos limitados e os custos de monitorização e controlo que estas teriam de suportar por forma a obrigarem as empresas a cumprirem rigorosamente os limites de emissões estipulados seriam demasiado elevados, tornando essa tarefa

¹⁹ Muller e Mestelman (1994) descrevem e resumem os resultados de várias experiências que comparam as regras de transacção de diversos mercados, com diferentes características.

²⁰ Testaram o desempenho do leilão neutro em termos de receitas (*Revenue Neutral Auction - RNA*) proposto por Hahn e Noll (1982).

²¹ Realizam experiências laboratoriais sobre a questão levantada por Cason (1993), ou seja, o problema das regras de mercado propostas pela EPA para o mercado de transacção de SO₂ nos EUA. Cason (1993) conclui que as instituições de mercado contam para os resultados, isto é, algumas comportam-se melhor do que outras e por isso as alternativas devem ser cuidadosamente avaliadas antes de se decidir aplicar recursos valiosos em qualquer uma delas. Até porque verificou que a introdução de mercados de direitos de emissão, como mecanismos de regulação ambiental, não conduz, por si só, à obtenção do resultado óptimo.

²² Experiência laboratorial com vista a avaliar as características de um mercado específico e da instituição escolhida, do programa RECLAIM (*Regional Clean Air Incentives Market*) para a zona de Los Angeles.

muito difícil. As empresas, por sua vez, optam por não cumprir os limites de poluição se a penalização marginal pelo incumprimento for menor que o custo marginal do cumprimento.

Sobre esta questão, Malik (1990) mostrou que, quando existe incumprimento, o mercado de direitos de emissão não minimiza os custos de abatimento das emissões poluentes porque variações nos preços dos títulos influenciam o número de empresas incumpridoras bem como a distribuição dos custos de abatimento entre as empresas. Ou seja, na presença desta falha de mercado, o resultado de mercado não é eficiente. Conclui ainda que, quando o número de empresas existentes no mercado dos direitos de emissão é pequeno, o incumprimento por parte de uma empresa pode ter um impacto significativo sobre o resultado de equilíbrio, através do seu efeito no preço dos títulos.

O estudo de van Egteren *et al.* (1996) tem por base, essencialmente, este trabalho de Malik (1990) e o de Hahn (1984) que referimos atrás. Ou seja, van Egteren *et al.* (1996) analisam o problema do incumprimento dos limites de emissões poluentes fixados, para o caso específico de empresas com poder de mercado. Combinando os resultados daqueles dois autores, van Egteren *et al.* (1996) vão procurar avaliar o impacto do poder de mercado sobre o preço de equilíbrio dos títulos de emissão e os níveis de cumprimento das empresas. A conclusão a que chegam é que a afectação inicial dos títulos de emissão desempenha um papel muito importante na determinação do resultado final do mercado, quando uma empresa tem poder de mercado, influenciando quer os preços dos títulos de emissão quer os níveis de cumprimento por parte de todos os participantes no mercado. Assim, van Egteren *et al.* (1996) sugerem que a afectação inicial dos títulos de emissão possa ser utilizada como instrumento de política, não só para limitar o possível exercício do poder de mercado mas também como mecanismo implícito de execução ou cumprimento.

Com o mesmo objectivo, surge posteriormente o trabalho de Malik (2002) que mostra, por exemplo, que o incumprimento das empresas concorrenciais pode ser socialmente desejável por diminuir as distorções causadas pelo poder de mercado. O trabalho de Malik (2002) diverge do de van Egteren *et al.* (1996) porque mostra que, quando existe incumprimento, pode não ser socialmente óptimo escolher uma dotação inicial de títulos de emissão que elimine o poder de mercado. Esta é uma conclusão que está de acordo com a teoria do segundo-óptimo, segundo a qual, em situações em que existem simultaneamente duas falhas de mercado – como é aqui o caso, com o poder de mercado e o incumprimento - a correcção de uma delas, sem ser corrigida a outra não

implica necessariamente um aumento do bem-estar social. De acordo com a teoria do segundo-ótimo continuariam a existir sempre situações em que o não cumprimento seria desejável, tendo em conta a sua capacidade para trazer as emissões para o seu nível de primeiro-ótimo.

Também Chavez *et al.* (2003) analisa a mesma questão mas, ao contrário de van Egteren *et al.* (1996) que consideram o cumprimento, ou não, como uma variável exógena, Chavez *et al.* (2003) tratam o cumprimento como endógeno. O seu objectivo é analisar até que ponto o comportamento do regulador com vista a garantir o cumprimento do objectivo ambiental por parte das empresas é diferente num mercado de direitos de emissão com poder de mercado ou num mercado concorrencial. A conclusão a que chegam é a de que, à excepção de um único caso particular, os custos de abatimento e de cumprimento podem ser equilibrados de forma eficiente se a empresa dominante participar no mercado dos títulos – sendo esta uma conclusão totalmente oposta à de Hahn (1984).

Chavez *et al.* (2003) referem ainda que, na presença de um mercado de direitos de emissão com uma estrutura de concorrência imperfeita, a empresa dominante e as empresas da franja competitiva devem ser controladas pelo regulador de formas distintas. Chavez *et al.* (2003), tal como Malik (2002), concluíram que o exercício do poder de mercado não se pode considerar, de forma generalizada, indesejável. Primeiro têm de ser comparadas as perdas de eficiência que o exercício do poder de mercado acarreta com a redução dos custos de garantir o cumprimento que também traz.

Quer em mercados concorrenciais quer em mercados de concorrência imperfeita, a forma de garantir o cumprimento da redução das emissões pretendidas e penalizar os agentes faltosos, sem implicar custos de transacção demasiado elevados, continua a ser uma questão pertinente. A intenção de criar um mercado internacional para a transacção de gases com efeito de estufa levou a que esta questão fosse contemplada em diversos estudos, como por exemplo os de Werksman (1999), Mullins (1999) e Baron (1999). No caso, por exemplo, de existir necessidade de uma política ambiental concertada ao nível internacional, como pretende o protocolo de Quioto, torna-se complicado e dispendioso responsabilizar e penalizar a entidade responsável pela emissão dos títulos em cada país. Por isso, nesses estudos surge a indicação de uma regra alternativa, que visa igualmente obrigar ao cumprimento do estabelecido aquando da criação deste mercado, mas coloca a responsabilidade sobre o comprador dos títulos de emissão. Ou seja, se o vendedor dos títulos de emissão não abater as emissões poluentes correspondentes, o comprador

não poderá utilizar os títulos que lhe adquiriu. Assim, os compradores de títulos de emissão teriam todo o interesse em comprar os títulos necessários às entidades de maior confiança.

No entanto, se, por um lado, esta regra pode solucionar o problema do risco de incumprimento do abatimento das emissões poluentes pode, por outro implicar demasiados custos de transacção e redução da liquidez no mercado. Aliás, a regra da *responsabilidade do comprador* pode ser mais complicada de administrar do que a regra da *responsabilidade da entidade emitente*.

Em relação a esta regra, Tietenberg (2003) diz que elimina a natureza de “bem transaccionável” aos títulos de emissão já que o seu valor pode diminuir retroactivamente, criando assim incerteza relativamente ao mesmo até que o período de controlo termine. Por outro lado, lembra também que esta regra poderá interferir com o desenvolvimento dos mercados financeiros para os títulos de emissão e desencorajar as suas trocas.

Quanto ao problema do cumprimento de políticas climáticas globais, uma das soluções que Tietenberg (2003) considera ser óbvia, para ambientes com fraco grau de fiscalização e capacidade de fazer cumprir, é o estabelecimento de múltiplos períodos de compromisso. Assim, torna-se possível declarar uma parte não cumpridora como não elegível para transacções em momentos futuros, e também reduzir-se-lhe o número de títulos a que tem direito. Este é um aspecto que não foi tomado em atenção na elaboração do protocolo de Quioto e que pode, por isso, dificultar a adesão e cumprimento dos requisitos ambientais aí propostos.

Ainda relativamente à regra da *responsabilidade do comprador*, Cason (2003) constrói uma experiência laboratorial com o intuito de analisar os incentivos da mesma ao cumprimento dos limites de emissões poluentes estabelecidos. Esta experiência mostra que os compradores de títulos de emissão estão dispostos a pagar um prémio por títulos que considerem de confiança, ou seja, por títulos de empresas que se sujeitem a processos de inspecção, ultrapassando-se assim o problema da assimetria de informação entre os agentes. Com esta solução, os títulos de diferentes entidades seriam vendidos a diferentes preços, pois o preço de mercado reflectiria o risco de incumprimento. Os preços de mercado dos títulos de emissão constituiriam assim um incentivo para que os vendedores cumprissem os seus compromissos de redução de emissões.

EFICIÊNCIA DINÂMICA NÃO NECESSARIAMENTE MAIOR QUE A DE OUTROS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA

Quer as medidas baseadas em incentivos económicos (instrumentos de mercado) quer os instrumentos de comando-e-controlo utilizados para regulação ambiental, podem induzir algum desenvolvimento tecnológico, pois quer uns quer outros obrigam as empresas a fazer coisas que não fariam na sua ausência, como referem por exemplo, Jaffe *et al.* (2002). Considerava-se, no entanto, que as políticas de comando-e-controlo, sobretudo aquelas que obrigam à utilização de uma tecnologia em concreto, tendiam a desincentivar o desenvolvimento de novas tecnologias que, caso não tivesse sido aplicada a referida regulamentação, poderiam aparecer. Pelo contrário, os instrumentos baseados no mercado eram apontados habitualmente como potenciadores de grandes incentivos à adopção de tecnologias mais eficientes para o controlo da poluição.

Assim, um dos argumentos normalmente utilizados em defesa dos mercados de direitos de emissão, em detrimento de outros instrumentos de política ambiental, é o de que estes promovem a eficiência dinâmica. Isto é, incentivam à adopção de tecnologias mais eficientes para o abatimento das emissões poluentes, de forma mais acentuada que os restantes instrumentos. No entanto, Laffont e Tirole (1996), por exemplo, concluíram que o mercado dos direitos de emissão não induz o nível de inovação socialmente óptimo, porque as empresas não internalizam a perda de receita que geram ao não entrarem no mercado e, portanto, investem demasiado. Nesse sentido, sugerem a introdução de alterações nesse mesmo mercado por forma a que este adquirisse os incentivos correctos, nomeadamente, a introdução de um mercado de futuros, por forma a reduzir o incentivo ao sobre-investimento que identificaram no modelo original. Por outro lado, Laffont e Tirole (1996) constataram também que a entidade reguladora tem capacidade para influenciar o nível de actividades de inovação levado a cabo pelas empresas, através do número de títulos de emissão que coloca no mercado.

Dos vários estudos efectuados com o intuito de comparar e ordenar o impacto dos diferentes instrumentos de política ambiental sobre o processo de desenvolvimento tecnológico não existe um consenso generalizado. Sobre esta questão debruçaram-se Magat (1978 e 1979), Downing e White (1986), Malueg (1989), Milliman e Prince (1989), Carraro *et al.* (1994), Jung *et al.* (1996), Dowlatabadi (1998), Parry (1998), Keohane (1999), Goulder e Schneider (1999), Goulder e Mathai (2000), Montero (2002), Jaffe *et al.* (2002), Fischer *et al.* (2003), entre outros. O que parece, no entanto, poder concluir-se é que a ordenação dos instrumentos de política, de acordo com a sua

capacidade de estimular a inovação, depende da capacidade da empresa inovadora em se apropriar dos efeitos da sua inovação sobre as outras empresas, depende dos custos da inovação, da função dos benefícios ambientais e ainda do número de empresas que causam as emissões poluentes.

De entre esses diversos estudos salientam-se mesmo alguns com resultados contrários ao previsto pela teoria económica. Malueg (1989), por exemplo, mostra que o mercado de direitos de emissão não traz sempre mais incentivos à inovação tecnológica que os restantes instrumentos de política ambiental, podendo mesmo reduzir os incentivos das empresas para inovarem. Malueg (1989) mostra que os incentivos à inovação proporcionados por instrumentos de comando-e-controlo e os incentivos proporcionados pela criação de um mercado de direitos de emissão dependem explicitamente da posição da empresa no mercado de direitos de emissão, quer antes quer depois da adopção da nova tecnologia. Esta é uma conclusão reiterada posteriormente por Montero (2002), ainda que a partir de um modelo distinto do de Malueg²³.

Keohane (1999), por seu lado, salienta que, quando a difusão tecnológica diminui o preço de mercado dos direitos de emissão, todas as empresas beneficiam desta descida de preço, quer adoptem a nova tecnologia ou não. Portanto, qualquer que seja a forma de distribuição inicial dos direitos de emissão, estes fornecem menores incentivos à difusão de novas tecnologias do que os impostos sobre emissões (apesar de continuarem a ser melhores do que os instrumentos de comando-e-controlo).

Além dos estudos com conclusões contraditórias no que diz respeito ao melhor instrumento de política ambiental, no que concerne aos incentivos para a inovação tecnológica, outros estudos existem que apontam para a impossibilidade de se ordenar, sem qualquer dúvida, esses instrumentos. Estas são as ilações que se retiram, por exemplo, dos estudos de Biglaiser *et al.* (1995), Parry (1998), Requate (1998) e Fischer *et al.* (2003).

No entanto, para o caso concreto da utilização do mercado de direitos de emissão como instrumento de política para o abatimento do CO₂, Goulder e Schneider (1999), por exemplo, concluem que a inclusão da inovação tecnológica como uma variável endógena desse modelo reforça os argumentos a seu favor.

²³ Que inclui não apenas o mercado de direitos de emissão mas também o mercado do produto e a possibilidade de estes se caracterizarem ambos por um ambiente de concorrência imperfeita.

Daqui se pode, portanto, concluir que esta é uma área de investigação onde muito há ainda por fazer, sendo necessária uma investigação sistemática e alargada para se encontrarem mais respostas para as questões ainda no ar.

CONCLUSÃO

Dos diversos aspectos focados ao longo deste trabalho, destaca-se o facto de ser claro, actualmente, que a realidade em que funcionam os mercados de direitos de emissão é diferente da modelizada por Dales (1968) ou Montgomery (1972). Consequentemente, os resultados obtidos são também diferentes dos previstos nesse modelo. São vários os estudos feitos acerca dos problemas ou falhas de mercado mais comuns deste instrumento de política, e também diversas as propostas de soluções para os mesmos. Ainda assim, esta é uma área de investigação onde muitas questões permanecem por responder.

No entanto, torna-se evidente que os aspectos aqui tratados devem ser tomados em consideração aquando da concepção e implementação de novos mercados de direitos de emissão, por forma a obter-se os melhores resultados possíveis com o mesmo.

Nesse sentido, vários estudos foram realizados sobre a proposta comunitária para a criação de um mercado europeu para a transacção de direitos de emissão de CO₂. Com base nos conhecimentos que foi possível adquirir com as experiências anteriores, deveriam evitar-se neste mercado os problemas já identificados e para os quais surgiram, entretanto, várias propostas de solução. Tendo em conta as potenciais falhas deste instrumento, que destacamos ao longo do trabalho, é possível identificar alguns dos aspectos mais positivos mas também mais negativos da Directiva 2003/87/EC²⁴. Kruger e Pizer (2004), Klepper *et al.* (2004), Boemare *et al.* (2002), entre outros, analisam as características desta directiva e, comparando-a com a realidade já existente em mercados de direitos de emissão nos EUA, apontam os avanços e pontos positivos conseguidos com a mesma e os eventuais problemas que ainda acarreta²⁵.

²⁴ Directiva Comunitária que cria o mercado europeu para a transacção de direitos de emissão de CO₂.

²⁵ No entanto, como salientam Kruger e Pizer (2004), o mercado europeu para a transacção de CO₂ tem uma dimensão e complexidade incomparáveis com o dos EUA, pelo que se espera, a partir desta experiência, poder vir a retirar-se algumas lições para os esforços internacionais relativos à redução dos gases com efeito de estufa (GEE). O programa europeu para a redução das emissões de GEE, tendo em conta o seu tamanho, a sua abrangência, a sua estrutura política pluri- jurisdicional, o facto de ser a primeira tentativa de controlar estes gases em grande escala e de ser o primeiro a lidar com questões como a ligação entre diferentes programas domésticos de transacção de direitos de emissão, constituirá uma grande experiência de política ambiental. Por outro lado, apesar de inicialmente prever apenas a transacção de CO₂, para a 2ª fase do mercado existe a possibilidade de se adicionarem outros sectores, instalações e ainda outros gases poluentes.

Esta Directiva Comunitária contempla algumas das soluções ou desenvolvimentos que foram sendo propostos ao modelo original de Dales (1968). Por exemplo, permite a flexibilidade temporal na transacção dos direitos de emissão de CO₂ que, como vimos, é uma das soluções mais comuns para o problema da incerteza. Por outro lado, tendo-se verificado que a instituição de mercado afecta o resultado obtido por este instrumento de política, aponta-se também a forma de organização do mercado escolhida pela UE como um aspecto positivo, por ter já provas dadas noutras experiências: permitem-se as transacções bilaterais, sem necessidade de aprovação do governo mas com registos obrigatórios das operações. Ou seja, não tem a complexidade e procedimentos burocráticos existentes nos primeiros mercados para o SO₂ nos EUA, que acarretavam incerteza e custos de transacção para as empresas.

No entanto, da análise da mesma Directiva, é possível antever alguns pontos menos positivos e que poderão trazer dificuldades à obtenção dos resultados pretendidos. Várias dúvidas se levantam, por exemplo, em relação à fiabilidade e correcção dos dados nacionais acerca das emissões e das actividades das empresas, necessários para garantir o esquema de transacção de títulos ao nível comunitário. Acrescendo ainda o facto da estrutura do sistema de transacção de direitos de emissão de CO₂ ser bastante descentralizada, surgem dúvidas acerca da credibilidade, independência e transparência dos dados para o público em geral. Em suma, a questão do potencial incumprimento por parte das empresas (ainda que tenham sido estabelecidas elevadas penalizações para as mesmas), e consequentes desvios dos resultados finais deste mercado em relação ao previsto, coloca-se com alguma acuidade neste mercado. No entanto, Boemare *et al.* (2002) consideram que o ponto mais crítico da proposta da UE para a criação do mercado de direitos de CO₂ diz respeito à forma como é feita a afectação inicial dos títulos. A distribuição gratuita dos títulos foi a opção da UE, ainda que nos estudos que referimos ao longo deste artigo víssemos que o leilão desses títulos (sobretudo o leilão duplo) fosse a opção mais indicada para solucionar algumas das falhas deste mercado. Além de que, também no que respeita à equidade, os estudos de simulação efectuados para o caso específico da UE mostraram que as empresas participantes neste mercado veriam os seus lucros aumentados. Também Kruger e Pizer (2004) e Klepper *et al.* (2004) consideram que o procedimento previsto para distribuição inicial dos títulos de emissão na UE não é o mais correcto. Por outro lado, estes autores consideram também negativo o facto de não ter ficado claro qual o tratamento a dar às empresas que no futuro entrassem nos sectores abrangidos pelo

mercado de direitos de emissão de CO₂, além de ter ficado a cargo de cada país a decisão sobre quanto é que do seu limite de emissões poluentes seria afecto aos sectores incluídos no mercado de direitos de emissão, para posteriormente distribuir os títulos de emissão correspondentes.

De qualquer forma, e ainda que o mercado comunitário para a transacção de CO₂, esteja a entrar na sua fase experimental no corrente ano, com alguns problemas já identificados, dos estudos de simulação já efectuados conclui-se que a redução pretendida de emissões de CO₂, será conseguida com custos totais reduzidos. Além disso, prevê-se que esses custos sejam menores do que os que teriam de ser suportados se fossem adoptados outros instrumentos de política alternativos.

BIBLIOGRAFIA

Atkinson, S., Tietenberg, T. (1991), “Market failure in incentive-based regulation”: The case of emissions trading”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, pgs. 17-31.

Baron, Richard (1999), “An Assessment of Liability Rules for International GHG Emissions Trading”, International Energy Agency Information Paper, Energy & Environment Division, Paris

Beavis, B.; Dobbs, I. (1987), “Firm behaviour under regulatory control of stochastic environmental wastes by probabilistic constraints”, *Journal of Environmental Economics and Management* 14, pgs. 112-127.

Beavis, B.; Walker, M. (1983,a), “Achieving environmental standards with stochastic discharges”, *Journal of Environmental Economics and Management* 10, pgs. 103-111.

Beavis, B.; Walker, M. (1983,b), “Random wastes, imperfect monitoring and environmental quality standards”, *Journal of Public Economics* 21, pgs. 377-387.

Boemare, Catherine; Quirion, Philippe (2002), “Implementing greenhouse gas trading in Europe: lessons from economic literature and international experiences”, *Ecological Economics* 43, pgs. 213-230

Carlén, Björn (2002), “Exclusionary Manipulation of carbon Permit Markets: A Laboratory Test”, MIT Joint Program Report No. 91, November 2002

Carlén, Björn (2003), “Market Power in International Carbon Emissions Trading: A Laboratory Test”, MIT Joint Program Report No. 96, January 2003

Carlson, D; Sholtz, A. (1994), “Designing pollution market instruments: cases of uncertainty”, *Contemporary Economics Policy*, 12 (4),114-125

Carraro, C.; Siniscalco, D. (1994), “Environmental Policy Reconsidered: The Role of Technology Innovation”, *European Economic Review* 38, pgs. 545-555.

- Cason, Timothy N.** (1993), "Seller Incentive Properties of EPA's Emission Trading Auction", *Journal of Environmental Economics and Management* **25**, pgs. 177-195.
- Cason, Timothy N.; Charles R. Plott** (1996), "EPA's new emissions trading mechanism: a laboratory evaluation", *Journal of Environmental Economics and Management* **30** (2), 133-160.
- Cason, Timothy N.; Gangadharan, Lata** (1998), "An Experimental Study of Electronic Bulletin Board Trading for Emission Permits", *Journal of Regulatory Economics* **14**, pgs.55-73.
- Cason, Timothy; Gangadharan, Lata and Duke, Charlotte** (2003a), "Market Power in Tradable Emission Markets: A Laboratory Testbed for Emission Trading in Port Phillip Bay, Victoria", *Ecological Economics* **46**(3), pgs. 469-491.
- Cason, Timothy; Gangadharan, Lata** (2003b), "Transaction Costs in Tradable Permit Markets: An Experimental Study of Pollution Market Designs", *Journal of Regulatory Economics* **23**, pgs. 145-165.
- Cason, Timothy** (2003), "Buyer Liability and Voluntary Inspections in International Greenhouse Gas Emissions Trading: A Laboratory Study", *Environmental and Resource Economics* **25**, pgs. 101-127.
- Chavez, Carlos A.; Stranlund, John K.** (2003), "Enforcing Transferable Permit Systems in the Presence of Market Power", *Environmental and Resource Economics* **25**, pgs. 65-78
- Coggins, J.S.; Swinton, J.R.** (1996), "The Price of Pollution: A Dual Approach to Valuing SO₂ Allowances", *Journal of Environmental Economics and Management* **30**, pgs. 58-72
- Crocker, T.D.** (1966), "The structuring of Atmospheric Pollution Control Systems", in *The Economics of Air Pollution*, Harold Wolozin ed.; W.W. Norton & Company, Inc., New York, pgs. 61-86
- Dales, J.** (1968), "Pollution, Property and Prices", University Press, Toronto
- Davis, D.D.; Williams, A.W.** (1991), "The Hayek hypothesis in experimental auction: institutional effects and market power", *Economic Inquiry* **29**, pgs. 261-274.
- Dowlatabadi, Hadi** (1998), "Sensitivity of climate change mitigation estimates to assumptions about technical change", *Energy Economics* **20**(5-6), pgs. 473-493
- Downing, P.B.; White, L.J.** (1986), "Innovation in pollution control", *Journal of Environmental Economics and Management* **13**, pgs. 18-29
- European Commission** (2003), "Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC" Official Journal of the European Union, L 275/32, 25.10.2003
- Fischer, Carolyn; Parry, Ian W. H.; Pizer, William A.** (2003), "Instrument choice for environmental protection when technological innovation is endogenous", *Journal of Environmental Economics and Management* **45** (3), pgs. 523-545

- Franciosi, R.; Isaac, R. Mark; Pingry, David E.; Reynolds, Stanley S.** (1993), "An Experimental Investigation of the Hahn-Noll Revenue Neutral Auction for Emissions Licenses", *Journal of Environmental Economics and Management*, 24, pgs. 1-24.
- Godby, Robert William** (1996), "An Experimental Economic Examination of Market Power in Emission Permit Markets", Doctor of Philosophy Thesis at McMaster University. Hamilton, Canada
- Godby, Robert William** (1999), "Market Power in Emission Permit Double Auctions", in *Research in Experimental Economics*, R. M. Isaac and C. Holt (editors), Volume 7, Greenwich, CN: JAI Press, pgs. 121-162.
- Godby, Robert William** (2000), "Market Power and Emission Trading: Theory and Laboratory Results", *Pacific economic Review*, 5, pgs. 349-364.
- Godby, Robert William; Mestelman, Stuart; Muller, R. Andrew; Welland, J. Douglas** (1997), "Emissions Trading with Shares and Coupons when Control over Discharges is Uncertain", *Journal of Environmental Economics and Management* **32**, (2), pgs. 359-381.
- Godby, Robert William; Mestelman, Stuart; Muller, R. Andrew** (1999), "Experimental Tests of Market Power in Emission Trading Markets", in *Environmental Regulation and Market Structure*, Emmanuel Petrakis, Eftichios Sartzetakis, Anastasios Xepapadeas (editors), Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.
- Goulder, L. H.; Mathai, K.** (2000), "Optimal CO₂ Abatement in the Presence of Induced Technological Change", *Journal of Environmental Economics and Management* **39**, pgs. 1-38
- Goulder, Laurence H.; Schneider, Stephen H.** (1999), "Induced technological change and the attractiveness of CO₂ abatement policies", *Resource and Energy Economics* **21**(2-3), pgs. 211-253
- Hahn, R. W.** (1984), "Market power and transferable property rights", *Quarterly Journal Economics* **99**, pgs. 753-765.
- Hahn, R.W.** (1989), "A new approach to the design of regulation in the presence of multiple objectives", *Journal of Environmental Economics and Management* **17**, pgs. 195-211
- Hahn, R. W.; Noll, R.** (1982), "Designing a market for tradable emissions permits", in *Reform of Environmental Regulation* (edited by W. A. Magat), Cambridge, MA: Ballinger, pgs. 119 - 146.
- Hennessy, David A.; Roosen, Jutta** (1999), "Stochastic Pollution, Permits, and Merger Incentives", *Journal of Environmental Economics and Management* **37**, pgs. 211-232.
- Jacoby, Henry D.; Ellerman, A. Denny** (2004), "The safety valve and climate policy", *Energy Policy* **32** (4), pgs. 481-491
- Jaffe, Adam B.; Stavins, Robert N.** (1995), "Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion", *Journal of Environmental Economics and Management* **29**, S-43-S-63.

- Jaffe, Adam B.; Newell, Richard G.; Stavins, Robert N.** (2002), "Environmental Policy and Technological Change", *Environmental and Resource Economics* **22**, pgs. 41-69.
- Jung, Chulho; Krutilla, Kerry; Boyd, Roy** (1996), "Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives", *Journal of Environmental Economics and Management* **30**, pgs. 95-111.
- Keohane, N. O.** (1999), "Policy Instruments and the Diffusion of pollution Abatement Technology" mimeo, Harvard University.
- Klepper, Gernot; Peterson, Sonja** (2004, March), "The EU Emissions Trading Scheme Allowance Prices, Trade Flows, Competitiveness Effects", Nota di Lavoro 49.2004, Fondazione Eni Enrico Mattei
- Kling, C.; Rubin, J.** (1997), "Bankable permits for the control of environmental pollution", *Journal of Public Economics* **65**, pgs. 101-115.
- Kling, C.; J. Zhao** (2000), "On the Long-Run Efficiency of Auctioned vs. Free Permits", *Economics Letters* **69**, pgs. 235-238.
- Kruger, Joseph; Pizer, William A.** (2004, April), "The EU Emissions Trading Directive: Opportunities and Potential Pitfalls", Discussion Paper 04-24, Resources for the Future
- Laffont, Jean-Jacques; Jean Tirole** (1996), "Pollution permits and compliance strategies", *Journal of Public Economics* **62**, pgs. 85-125.
- Ledyard, J. O.; K. Szakaly-Moore** (1994), "Designing Organizations for Trading Pollution Rights", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, **25**, pgs. 167- 196.
- Leiby, P.; Rubin, J.** (2001), "Intertemporal Permit Trading for the Control of Greenhouse Gas Emissions", *Environmental and Resource Economics* **19**, pgs. 229-256.
- Magat, W. A.** (1978), "Pollution Control and Technological Advance: A Dynamic Model of the Firm", *Journal of Environmental Economics and Management* **5**, pgs. 1-25.
- Magat, W. A.** (1979), "The Effects of Environmental Regulation on innovation", *Law and Contemporary Problems* **43**, pgs. 3-25.
- Malik, Arun S.** (1990), "Markets for pollution control when firms are noncompliant", *Journal of Environmental Economics and Management* **18**, pgs. 97-106
- Malik, Arun S.** (2002), "Further Results on Permit Markets with Market Power and Cheating", *Journal of Environmental Economics and Management* **44**, pgs. 371-390.
- Malueg, D. A.** (1989), "Emission credit trading and the incentive to adopt new pollution abatement technology", *Journal of Environmental Economics and Management* **16**, pgs. 52-57
- Malueg, D.A.** (1990), "Welfare Consequences of Emission Credit Trading Programs", *Journal of Environmental Economics and Management* **18**, pgs. 66-77.
- Mestelman, Stuart** (2000), "Environmental Policy: Lessons from the Laboratory", McMaster University, Working Paper

- Milliman, S. R.; Prince, R.** (1989), "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control", *Journal of Environmental Economics and Management* **17**, pgs. 247-265.
- Misiolek, W.S.; Elder, H.W.** (1989), "Exclusionary Manipulation of Markets for Pollution Rights", *Journal of Environmental Economics and Management* **16**, pgs. 156-166.
- Montero, Juan-Pablo** (1997), "Marketable pollution permits with uncertainty and transaction costs", *Resource and Energy Economics*, **20**, pgs. 27-50.
- Montero, Juan-Pablo** (2002), "Permits, Standards, and Technology Innovation", *Journal of Environmental Economics and Management* **44**, pgs. 23-44
- Montgomery, D.** (1972), "Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs", *Journal of Economic Theory* **5**, pgs. 395-418.
- Muller, R. Andrew and Mestelman, Stuart** (1994), "Emission Trading with Shares and Coupons: A Laboratory Experiment", *The Energy Journal*, **15** (2), pgs.185-211.
- Muller, R. Andrew and Mestelman, Stuart** (1998), "What have we learned from emissions trading experiments?", *Managerial and Decision Economics* **19** (4 e 5), pgs. 225-238.
- Muller, R. Andrew; Mestelman, Stuart; Spraggon, John; Godby, Robert** (2002) "Can Double Auctions Control Monopoly and Monopsony Power in Emissions Trading Markets?", *Journal of Environmental Economics and Management*, **44** (1), pgs. 70- 92.
- Newell, Richard G., Stavins, Robert N.** (2003), "Cost Heterogeneity and the Potential Savings from Market-Based Policies", *Journal of Regulatory Economics*, 23:1, pgs. 43-59.
- Parry, I. W. H.** (1998), "Pollution Regulation and the Efficiency Gains from Technological Innovation", *Journal of Regulatory Economics* **14**, pgs. 229-254
- Plott, C.R.** (1983), "Externalities and corrective policies in experimental markets", *Economic Journal* **93**, pgs. 106-127
- Porter, David** (1993), "Appendix 1" in *An Analysis and Recommendation for the Terms of the RECLAIM Trading Credit*, Pacific Stock Exchange Incorporated, San Francisco, California.
- Requate, T.** (1998), "Incentives to Innovate under Emission Taxes and Tradeable Permits", *European Journal of Political Economy* **14**, pgs. 139-165.
- Roberts, M. J.; Spence, M.** (1976), "Effluent charges and licences under uncertainty", *Journal of Public Economics* 5 (3,4), pgs. 193-208.
- Roth, Alvin E.** (1988), "Laboratory Experimentation in Economics. A Methodological Overview", *Economic Journal*, **98** (393), 974-1031.
- Rubin, Jonathan D.** (1996), "A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking and Borrowing", *Journal of Environmental Economics and Management* **31**, pgs. 269-286.
- Sartzetakis, Eftichios Sophocles** (1997), "Tradeable Emission Permits Regulations in the Presence of Imperfectly Competitive Product Markets: Welfare Implications", *Environmental and Resource Economics* **9**, pgs. 65-81

- Sbriglia, Patrizia; O'Higgins Niall** (1996), "Collusion and Market Power in Experimental Auction Markets", *Economic Notes* **3**, pgs. 541-572
- Smith, V.L.** (1981), "An empirical study of decentralized institutions of monopoly restraint" in *Essays in Contemporary Fields of Economics in Honor of Emanuel T. Weiler (1914-1979)* G.Horwich and J.P.Quirk editors, West Lafayette, IN: Purdue University Press, pgs. 83-106.
- Smith, V.L.; Williams, A.W.** (1989), "The boundaries of competitive price theory: convergence, expectations and transaction costs" in *Advances in Behavioural Economics*, Vol.2, L.Gree and J.H.Kagel editors, Norwood, NJ: Ablex Publishing
- Smith, Stefani C.; Yates, Andrew J.** (2003), "Optimal pollution permit endowments in markets with endogenous emissions", *Journal of Environmental Economics and Management* **46**, pgs. 425-445.
- Solomon, Barry D.** (1999), "New directions in emissions trading: the potential contribution of new institutional economics", *Ecological Economics* **30**, pgs. 371-387
- Stavins, Robert** (1995), "Transaction Costs and Tradable Permits", *Journal of Environmental Economics and Management*, **29**, pgs. 133-148.
- Stavins, Robert** (1997), "Policy Instruments for Climate Change: How Can National Governments Address a Global Problem?", paper for *The University of Chicago Legal Forum*, 1997.
- Stevens, Brandt; Rose, Adam** (2002), "A Dynamic Analysis of the Marketable Permits Approach to Global Warming Policy: A Comparison of Spatial and Temporal Flexibility", *Journal of Environmental Economics and Management*, **44**, pgs. 45-69.
- Tietenberg, Thomas** (1985), "Emission Trading, an Exercise in Reforming Pollution Policy", Resources for the Future, Washington, D.C.
- Tietenberg, Tom** (2003), "Greenhouse Gas Trading: Design Issues Seeking Research Answers", in *Understanding the Design and Performance of Emissions Trading Systems for Greenhouse Gas Emissions: Proceedings of an Expert's Workshop to Identify Research Needs and Priorities*, Resources For the Future, Discussion Paper 03-33, May 2003
- Van Egteren, Henry; Weber, Marian** (1996), "Marketable Permits, Market Power, and Cheating", *Journal of Environmental Economics and Management* **30**, pgs. 161-173.
- Weitzman, M. L.** (1974), "Prices vs. Quantities", *Review of Economic Studies* **41** (4), pgs. 477-491.
- Woerdman, Edwin** (2001), "Emissions trading and transaction costs: analysing the flaws in the discussion", *Ecological Economics*, pgs. 293-304.
- Yates, Andrew J.; Cronshaw, Mark B.** (2001), "Pollution Permit Markets with Intertemporal Trading and Asymmetric Information", *Journal of Environmental Economics and Management* **42**, pgs. 104-118.