

Recebido em 27 de Maio de 2003

Estudo do fumo ambiental do tabaco em locais de trabalho e de convívio do Instituto Superior de Agronomia

MARIA DA GRAÇA LOURENÇO ⁽¹⁾

ARLETE MATOS ⁽¹⁾

M. HELENA GUIMARÃES DE ALMEIDA ⁽¹⁾

RESUMO

O tabaco é responsável por elevada morbidez e mortalidade dos fumadores. Os alcalóides, compostos existentes no tabaco e no fumo ambiental do tabaco (FAT), são responsáveis por muitos efeitos nefastos do tabaco na saúde, afectando também os não fumadores.

Neste trabalho referem-se estatísticas do consumo de tabaco a nível mundial e das respectivas consequências na saúde. Faz-se uma breve síntese do trabalho de investigação realizado no Instituto Superior de Agronomia e apresenta-se um estudo do FAT em ambientes interiores desta Escola.

O estudo incidiu sobre gabinetes e salas de convívio com poluição tabágica onde foram recolhidas amostras de ar, posteriormente sujeitas a análise por cromatografia gás-liquido, de modo a quantificar a nicotina, os alcalóides minoritários e a 3-etenilpiridina (3-EP). Também se estudou a utilização da 3-EP e da miosmina como marcadores dos alcalóides minoritários do FAT, bem como o uso de quinaldina, como padrão interno, na quantificação destes alcalóides.

Do estudo conclui-se que existem níveis muito elevados de alcalóides e de 3-EP na maioria dos ambientes caracterizados (0-129,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nicotina, 0-27,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 3-EP, 0-6,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de miosmina, 0-1,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nicotirina, 0-1,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 2,3'-bipiridil e 0-0,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de cotinina). Tal dever-se-á não só à intensidade de fumo (IF) mas também ao baixo pé-direito das salas, elevada quantidade de mobiliário e deficiente ventilação, entre outros factores.

Palavras-chave: Fumo ambiental do tabaco; Alcalóides; 3-Etenilpiridina; Tabaco e saúde; Cromatografia gás-liquido.

⁽¹⁾ Departamento de Agro-Indústrias e Agronomia Tropical, Secção de Agronomia Tropical, Instituto Superior de Agronomia, 1349-017 Lisboa, Portugal.

ABSTRACT

Tobacco is responsible for high morbidity and mortality of smokers. Exposure to Environmental Tobacco Smoke (ETS) also affects non-smokers. Alkaloids existing in tobacco and smoke are responsible for many tobacco misdeeds on health.

In this paper statistical data about tobacco consumption and its effects on health are presented. A summary about tobacco research at Instituto Superior de Agronomia is made and a study of ETS in inner places of this School is presented.

The aim of this study was to characterise cabinets and leisure places with tobacco pollution by gas chromatography quantification of nicotine, minor alkaloids and 3-ethenylpyridine (3-EP). In addition, studies about using 3-EP and myosmine as markers of ETS minor alkaloids are developed. Use of quinaldine as internal standard for minor alkaloids quantification is also studied.

Results showed high alkaloid levels in the majority of the characterised places (0-129.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of nicotine, 0-27.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of 3-EP, 0-6.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of myosmine, 0-1.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of nicotirine, 0-1.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of 2,3'-bipyridyl and 0-0.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of cotinine). Smoke intensity (SI), low height of the rooms, high quantity of furniture and bad ventilation are factors leading to these high levels of pollution.

Keywords: Environmental tobacco smoke; Alkaloids; 3-Ethenyl-pyridine; Tobacco and health; Gas chromatography..

1. Introdução

1.1. Considerações gerais

O tabaco é um interessante tema para estudo dadas as múltiplas áreas do conhecimento que abrange. A investigação feita no ISA sempre procurou interligar as suas diferentes vertentes, como demonstrou a organização de três "Jornadas do Tabaco" (1979, 1985, 1994) que reuniram investigadores e técnicos ligados à produção, transformação, economia e saúde.

A composição química do tabaco e do fumo dele derivado, em especial os alcalóides, tem merecido particular atenção na Linha de Investigação do Tabaco no ISA que, desde há quase três décadas, tem vindo a desenvolver investigação nesta área. Entre os muitos estudos entretanto realizados, destacam-se a caracterização química da folha curada de diferentes tipos de tabaco, o desenvolvimento de técnicas culturais e de cura com a finalidade de reduzir o teor de compostos nefastos para a saúde e o desenvolvimento de metodologias analíticas para o estudo de alcalóides no tabaco e no fumo por cromatografia gás-líquido. Nos últimos anos, o interesse centrou-se na composição do fumo ambiental do tabaco (FAT). Estão em curso estudos sobre a poluição de diferentes ambientes interiores pelo fumo do tabaco, aprofundando outros anteriormente iniciados e avança-se no conhecimento dos alcalóides do tabaco nos fluídos biológicos.

Este trabalho faz uma abordagem ao consumo de tabaco e às suas consequências na saúde da população mundial. Os efeitos do tabaco fazem-se sentir não só no fumador como nos não fumadores que são sujeitos ao FAT, o que

os torna fumadores passivos. É neste contexto que se apresenta um estudo onde se caracterizam ambientes interiores do ISA sujeitos a poluição tabágica, em termos de composição em alcalóides, compostos com grande responsabilidade nos efeitos nefastos do tabaco.

1.2. Consumo de tabaco

A planta do tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), de origem americana, foi importada para o Velho Mundo no século XV, expandindo-se depois para o resto do globo (Ferrão, 1992). Inicialmente exaltada pelas suas virtudes medicinais, foi um produto de luxo e hoje provoca acesas polémicas.

Actualmente o tabaco é produzido em mais de 125 países, ocupando cerca de 4 milhões de hectares de terra, o que corresponde a cerca de 1% de toda a área agrícola mundial. Em 2002 a produção desta planta ultrapassou os 6 milhões de toneladas de folha curada, sendo o Brasil, os Estados Unidos da América e o Zimbábue os principais exportadores e a Federação Russa, os Estados Unidos da América e a Alemanha os principais importadores (FAO, 2003).

No mundo, existem actualmente mais de 1250 milhões de fumadores, dos quais 800 milhões vivem em países em desenvolvimento (World Bank, 1999). Os homens são os maiores consumidores, mais de 1000 milhões em todo o mundo, correspondendo a cerca de 35% da população dos países desenvolvidos e a cerca de 50% da população dos países em desenvolvimento, onde se destaca a China, com 300 milhões de homens fumadores. Reivindicando os direitos de igualdade, as mulheres estão também a ficar cada vez mais dependentes da nicotina. Actualmente a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que aproximadamente 250 milhões de mulheres são fumadoras diárias em todo o mundo. Cerca de 22% da população feminina dos países desenvolvidos é fumadora, enquanto nos países em desenvolvimento esse valor é de 9%. Mundialmente a maior percentagem de fumadores jovens encontra-se em países da Europa Central, Índia e algumas ilhas do Pacífico. De acordo com a OMS, mais de 30% das crianças fumadoras queimam o primeiro cigarro antes dos 10 anos (Mackay & Eriksen, 2002).

De entre as diferentes formas em que o tabaco pode ser consumido — por aspiração nasal sob a forma de rapé, por mastigação ou por fumo, quer em cachimbo, charuto ou cigarro, — esta última é, sem dúvida, a mais difundida. Mais de 17 mil milhões de cigarros são fumados em todo o mundo diariamente (Mackay & Eriksen, 2002), destacando-se a China, os EUA, a Federação Russa e a Indonésia como países com maior consumo.

As projecções da indústria tabaqueira para a variação regional do consumo de tabaco entre 1998 e 2008 indicam que no continente americano não se registará flutuação, uma vez que o crescimento a sul contrariará o decréscimo a norte. Na Europa Ocidental o número de fumadores decrescerá 8%, dado se tratar duma

região onde a luta anti-tabágica ganha mais terreno. Nas restantes áreas do globo verificar-se-á incremento no consumo: +16% em África e no Médio Oriente, +8,7% na Europa do Leste e Rússia e +6,5% na Ásia, Oceânia e Oriente (Mackay & Eriksen, 2002).

1.3. Os alcalóides do tabaco e a saúde

O tabagismo constitui uma das principais causas evitáveis de morbidez e mortalidade prematura nos países onde se encontra generalizado.

Sabe-se actualmente que o tabaco é responsável por 90% dos cancro de pulmão, por 75% de bronquites crónicas e enfisemas pulmonares e por 25% de doenças cardiovasculares, situações responsáveis pela morte de metade dos fumadores regulares. Um quarto numa idade avançada mas o outro na meia-idade, entre 35 e 69 anos, o que significa uma redução da esperança de vida entre 20 a 25 anos (Peto *et al.*, 1994). Só em 2000, foi atribuída ao tabaco a responsabilidade por 4,2 milhões de mortes prematuras (3,4 milhões de homens e 0,8 milhões de mulheres).

Quando se fuma um cigarro ocorre, simultaneamente, a formação de duas correntes de fumo: (1) a corrente primária ou principal, que é o fumo saído pela extremidade/boca do cigarro e aspirado pelo fumador durante a fumaça, e (2) a corrente secundária, que é o fumo libertado na ponta incandescente entre as fumaças (Lourenço, 1985b). Estas duas correntes vão dar origem ao que se chama frequentemente “Fumo Ambiental do Tabaco”, FAT (da designação anglo-saxónica “Environmental Tobacco Smoke”, ETS). Trata-se pois, de uma mistura muito complexa e diluída de componentes com características diferentes, contida numa matriz de gases atmosféricos (Lourenço & Matos, 2003).

Assim, o acto de fumar afecta não só o fumador mas também quem com ele partilha o mesmo espaço. O tabagismo passivo, comprovado pela presença de nicotina e seus metabolitos nos fluidos biológicos, pode ocorrer não só directamente por via atmosférica mas também através da mãe fumadora que o impõe ao feto durante a gravidez ou ao recém nascido durante o aleitamento (Lourenço, 1985c; Motta, 1985).

No fumo há cerca de 4 000 compostos de características marcadamente irritantes, alguns deles agentes comprovados ou suspeitos de uma actuação cancerígena no organismo humano.

Aos alcalóides é atribuído o prazer associado ao consumo de tabaco mas também a dependência e os efeitos cancerígenos, sendo aqueles compostos os principais precursores de nitrosaminas (Lourenço, 1998-1999; Lourenço, 1999b).

O teor de alcalóides no tabaco curado varia usualmente entre 0,2 e 5% da matéria seca, dependendo do tipo de planta, dos tratamentos culturais e do processamento pós-colheita. Nos tabacos para fumar os teores de alcalóides situam-se habitualmente entre 1 e 2%. Por sua vez, o fumo proveniente de um cigarro

pode conter 5mg ou mais de alcalóides (Quadro 1), valor variável, entre outros factores, com os tipos de tabaco presentes nos *blends*, aditivos, *design* do cigarro, filtros e modo de fumar (Lourenço, 1999a,1999b).

Quadro 1

Teores dos principais alcalóides no tabaco curado e no fumo do tabaco

Alcalóides	Tabaco curado (%)	Fumo (mg/100cig.)
Nicotina	0-6,44	0-450,0
Nornicotina	0-4,27	0-10,6
Anatabina	0-0,35	0-2,8
Anabasina	0-0,40	0-5,7
Cotinina	0-0,004	0-5,7
Miosmina	0-0,140	0-0,9
Nicotirina	0-0,006	-
2,3'- Biperidil	0-0,006	0-2,7

Fonte: Lourenço (1985a)

1.4. Estudo do FAT em locais de trabalho e convívio do ISA

O presente trabalho visa a caracterização de ambientes com poluição tabágica, relativamente à sua composição em alcalóides.

Muitos estudos têm sido realizados nesta área por diferentes equipas internacionais, mas a maioria tem tido como alvo a nicotina. Existe escassa informação sobre os alcalóides minoritários, que se sabe contribuir consideravelmente para os efeitos nocivos do tabaco.

A complexidade do FAT, que advém do elevado número de espécies químicas que o compõem, conduz à necessidade de eleger compostos que se comportem como marcadores. Vários autores apontam a nicotina e a 3-etenilpiridina (3-EP), o principal isómero da etenilpiridina, como potenciais marcadores (Daisey, 1999; Guerin & Jenkins, 1992; Guerin *et al.*, 1992; Ogden & Jenkins, 1999).

Tanto a nicotina como a 3-EP estão presentes nas correntes principal e secundária do fumo do tabaco (Nelson & Odgen, 1990; Nelson *et al.*, 1992). Porém, enquanto a nicotina existente no FAT tem a origem no tabaco, a 3-EP provém da pirólise deste alcalóide. Por outro lado, a nicotina, que tem sido utilizada como marcador na maioria dos estudos da qualidade do ar de ambientes interiores, apresenta algumas limitações importantes como, por exemplo, a

adsorção indiscriminada em diferentes superfícies e uma propensão para se degradar. A 3-EP será, assim, uma boa, alternativa, dado ocorrer em quantidades reduzidas no FAT, e apresentar uma cinética química semelhante à dos outros alcalóides (Eatough *et al.*, 1989; Heavner *et al.*, 1992; Nelson *et al.*, 1992; Ogden *et al.*, 1996).

A metodologia de análise dos compostos do FAT mais utilizada envolve a recolha de amostras de ar poluído em tubos de adsorção XAD-4 e a posterior extracção dos compostos com acetato de etilo modificado (Ogden, 1989; Ogden *et al.*, 1989; Ogden, 1992; Ogden & Maiolo, 1992).

A cromatografia gás-liquido tem sido uma das técnicas utilizadas na quantificação destes compostos no FAT (Ogden, 1991; Ogden & Maiolo (1992). O padrão interno (PI) mais utilizado tem sido a quinolina, mas o facto deste alcalóide poder ser quantificado no FAT leva a que se questione o seu uso como PI, pois para minimizar erros ocasionais, é necessário utilizar teores superiores aos compostos que se pretende quantificar (Ogden & Jenkins, 1999). A quinaldina surge como uma alternativa ao padrão interno quinolina, dado se tratar de um composto que não ocorre nos ambientes reais, o que permite uma avaliação mais ajustada dos alcalóides minoritários nos ambientes tabágicos.

Este trabalho tem os seguintes objectivos:

1. Quantificar, recorrendo à cromatografia gás-liquido, os alcalóides minoritários de modo a avaliar a sua presença em condições reais de trabalho e convívio;
2. Avaliar a adequação da quinaldina como PI na quantificação dos alcalóides minoritários;
3. Comparar diferentes marcadores (nicotina, 3-EP e, eventualmente, outros) através de testes de correlação entre estes compostos e os restantes do FAT.

2. Material e métodos

2.1. Aparelhos

Bombas de recolha modelo 224-50 SKC Lda (Blandford Dorset, Reino Unido); tubos de adsorção XAD-4 SKC INC (Pennsylvania, EUA); banho de ultra-sons Transonic T660/H, Elma (Alemanha); cromatógrafo gás-liquido Hewlett Packard 5890 SII (Wilmington, DE, EUA) equipado com detector de nitrogénio-fósforo (DNF), injector split/splitless; injector automático HP 7673 e integrador HP 3396 SII; coluna capilar apolar CP-Sil 8 (5% fenil, 95% metilsilicone), 30mx0,32mmx1µm, Chrompack (Middelburg, Holanda).

2.2. Reagentes

Todos os reagentes utilizados são de pureza analítica.

Nornicotina, anabasina e 4-etenilpiridina (4-EP, isómero comercial da 3-EP) fornecidos por Sigma Chemical Co (St. Louis, EUA); miosmina fornecida por Carl Roth KG (Karlsruhe, Alemanha); nicotina, nicotirina, 2,3'-bipiridil, quinolina e quinaldina fornecidos por Fluka Chemie AG (Bucks, Suíça); cotinina fornecida por Aldrich Chem. Co (Milwaukee, EUA); acetato de etilo fornecido por Merck (Darmstadt, Alemanha) e trietilamina fornecida por Riedel de Haen (Seelze, Alemanha).

2.3. Procedimento experimental

A quantificação dos alcalóides minoritários, da nicotina e da 3-EP foi realizada utilizando a metodologia descrita e validada por Lourenço & Matos (2003).

2.3.1. Recolha de ar nos ambientes poluídos

A caracterização dos ambientes poluídos estudados é apresentada no Quadro 2. A recolha das amostras de ar foi estabelecida segundo o seguinte plano:

1. Ambientes interiores do Instituto Superior de Agronomia, poluídos com fumo de tabaco. Foram seleccionados 10 gabinetes (Quadro 2): um de não fumadores (gabinete G) que funcionou como branco, três gabinetes (J, L e M) com um IF de 0-0,05, correspondente a uma poluição típica ⁽¹⁾ e seis gabinetes (T, H, P, O, E e Q) com um elevado IF (até 0,3), de modo a assegurar teores de alcalóides minoritários quantificáveis. Caracterizaram-se também uma sala de convívio de alunos (A) e outra de funcionários (R);
2. Bombas fixas e passivas (fluxo ≈ 11 /min) foram posicionadas nos gabinetes a uma distância de cerca de 1,5 m dos fumadores e de cerca de 1,5 m do pavimento;
3. A duração do período de recolha foi de 1 a 2 horas.

2.3.2. Extracção dos compostos

As extracções tiveram lugar em ambientes isentos de poluição tabágica. A resina XAD-4 dos tubos de adsorção foi transferida para frascos onde se introduziu também 1,25ml de acetato de etilo modificado (0,01% de trietilamina para impedir

⁽¹⁾ De acordo com Guerin *et al.* (1992) e Thompson *et al.* (1989) pode-se considerar uma poluição típica um IF de $0,0244 \pm 0,0246$ cigt.m⁻³.h⁻¹ equivalente a serem fumados 6 cigarros numa sala com a dimensão de 12,19mx6,71mx3,05m ($\approx 249,5$ m³) durante uma hora.

Quadro 2

Caracterização dos ambientes seleccionados

Identificação dos gabinetes	Dimensão dos espaços comp. x larg. x alt.	Volume (m ³)	Ventilação *	Nº cig. fumados/h	IF **
Gabinetes					
G	2,87 x 3,90 x 2,38	26,64	+	0	0
J	3,57 x 5,00 x 3,48	62,12	++	2	0,03
L	4,15 x 5,05 x 2,30	48,20	++	0,6-1,3	0,01-0,03
M	3,64 x 5,74 x 3,25	67,90	+	1,3-2,5	0,02-0,04
T	3,40 x 3,47 x 3,48	41,06	Ar cond.	0,5-2,7	0,01-0,07
H	3,46 x 3,78 x 2,23	29,17	+++	2,0-2,1	0,07
P	2,74 x 3,63 x 2,04	20,29	+	1,3-4,7	0,07-0,23
O	2,70 x 3,40 x 2,20	20,20	+	3,5-6,0	0,17-0,30
E	1,82 x 4,00 x 2,13	15,51	++	1,3-3,4	0,08-0,22
Q	1,82 x 3,00 x 2,13	11,63	+	0,7-1,5	0,06-0,13
Salas de convívio					
A	5,02 x 6,24 x 2,08	65,16	++	3,3-11,3	0,05-0,17
R	2,86 x 4,83 x 1,69	23,35	+	3,2-22,2	0,14-0,95

* baixa +; moderada ++; alta +++.

** IF - Intensidade de fumo (nº de cig. fumados/unidade de tempo/unidade de volume)

a ocorrência de adsorção da nicotina nas superfícies de vidro) e os PIs quinolina (8,0 µg/ml) e quinaldina (0,8µg/ml). Após agitação no banho de ultra-sons durante 30 minutos, procedeu-se à separação do extracto sobrenadante que foi transferido para frascos do injector automático (Lourenço & Matos, 2003).

2.3.3. Análise cromatográfica

Condições cromatográficas: temperatura do injector 250°C; temperatura do detector DNF 300°C; programa do forno: temperatura inicial 100°C durante 4 minutos, 100-220°C a 4°C/minuto; velocidade linear do hélio 38cm/s; split 1:10; volume de injeção 2-3 µl.

Curvas de calibração: foram utilizados dois PIs simultaneamente. Prepararam-se seis soluções de calibração de todos os padrões de alcalóides e da 4-EP, que foram dissolvidos no acetato de etilo modificado (0,01% trietilamina) com 8,0 µg/ml do PI quinolina e 0,8 µg/ml do PI quinaldina. As concentrações de nicotina

variaram entre 0,12 e 6,00 µg/ml enquanto as concentrações de 4-EP e dos alcalóides minoritários variaram de 0,05 a 2,50 µg/ml.

3. Resultados e discussão

3.1. Curvas de calibração e padrões internos

Para a quantificação da nicotina e da 3-EP estabeleceram-se curvas de calibração com os dois PIs, quinolina e quinaldina. No que diz respeito aos outros alcalóides, devido às suas quantidades reduzidas, optou-se por se estabelecer curvas de calibração apenas com o PI quinaldina. Todas as curvas de calibração apresentaram $R^2 \geq 0.995$, com a excepção da curva de calibração da 4-EP com o PI quinolina ($R^2 = 0,985$), facto que pode ser explicado pela elevada concentração do PI quinolina quando comparado com a 4-EP. Os limites de detecção (LD) para os alcalóides encontraram-se nos teores 0,02 µg/ml, com excepção da nicotirina e da nornicotina que apresentaram LDs a rondar 0,05µg/ml.

Estes resultados mostraram que a quinaldina pode ser um PI válido e alternativo à quinolina para a quantificação dos alcalóides minoritários. Estudos paralelos, referidos em Lourenço & Matos (2003), confirmaram a ausência deste composto tanto em ambientes poluídos como não poluídos, bem como a ausência de impurezas no padrão que, nas condições em que se realizou o trabalho, pudessem interferir na quantificação dos compostos em estudo.

3.2. Quantificação dos alcalóides minoritários no FAT

A Figura 1 mostra os cromatogramas dos padrões dos alcalóides e dos extractos do FAT, ambos contendo os PIs quinolina e quinaldina.

O Quadro 3 apresenta os teores de alcalóides e de 3-EP nos ambientes estudados. Os teores quantificados nesses ambientes foram muito variáveis, o que era expectável atendendo aos IFs encontrados (Quadro2).

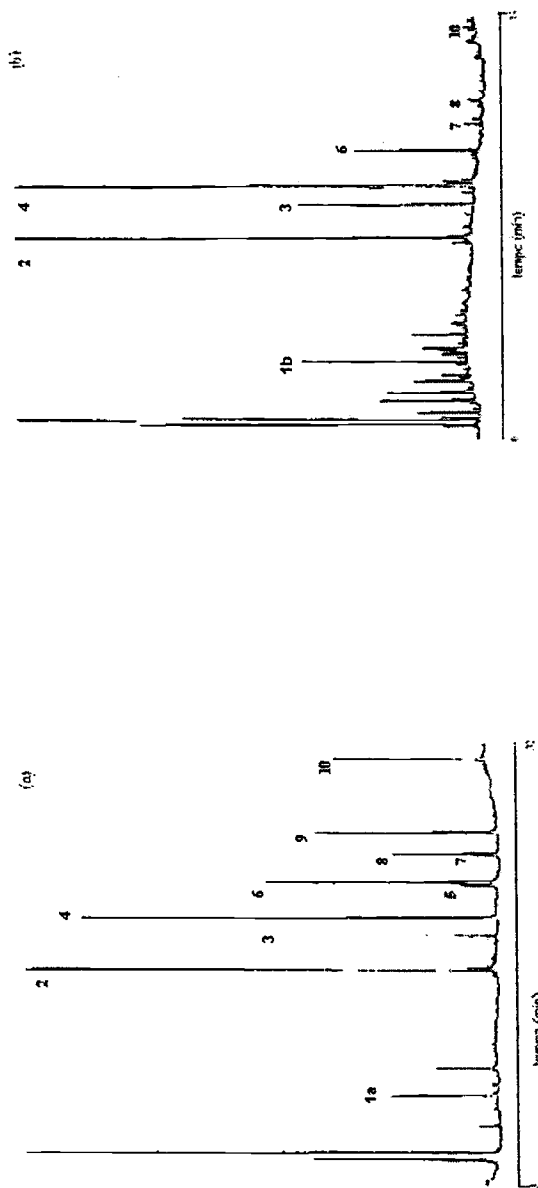
A miosmina e a nicotirina são dos alcalóides minoritários os mais abundantes, verificando-se os níveis mais elevados na sala de convívio R, respectivamente $6.78\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $5.67\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nos ambientes onde se registou maior poluição tabágica detectou-se um composto de tempo de retenção similar ao do alcalóide anatabina, em muito pequenas quantidades.

Relativamente à nicotina, obtiveram-se teores muito variáveis, que atingiram os $129,33\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acordo com Guerin & Jenkins (1992), os teores de nicotina no FAT variam normalmente entre 0 e $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ e raramente atingem os $100\mu\text{g}/\text{m}^3$. O mesmo autor refere trabalhos de outras equipas, realizados em gabinetes de trabalho em que se

Figura 1

Cromatogramas dos padrões (a) e de um extracto de FAT (b)



Legenda: 1a - 4-Etenilpiridina (4-P); 1b - 3-Etenilpiridina (3-P); 2 - Quinolina (PI); 3 - Quinaldina (PI); 4 - Nicotina; 5 - Nornicotina; 6 - Miosmina; 7 - Nicotirina; 8 - Anabasina; 9 - 2,3'-Bipiridil; 10 - Cotina

Quadro 3

Concentração dos alcalóides e da 3-EP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos diferentes ambientes seleccionados

Identif. gabinetes	Obs. (n°)	N° cig. fumados/h	Teores ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
			Nicotina	3-EP	Miosmina	Nicotirina	2,3'-Bipiridil	Cotina
Gabinetes								
G	5	0	0,00-0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
J	4	2	0,83-4,65	*	0,00-0,02	*	*	*
L	1	0	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,6-1,3	0,69-6,17	0,45-1,77	0,00-0,50	0,00	0,00	0,00
M	5	1,3-2,5	2,39-10,44	0,74-2,06	0,02-0,35	0,00	0,00	0,00
T	2	0	11,32-16,00	2,10-4,36	0,56-0,82	0,02	0,02	0,32-0,39
	31	0,5-2,7	7,74-64,67	1,24-16,82	0,00-3,45	0,00-3,78	0,00-0,60	0,02-0,50
H	4	2,0-2,1	17,88-21,85	4,09-4,44	1,24-1,51	0,75-1,26	0,02-0,17	0,02-0,29
P	1	0	21,78	4,56	1,21	0,93	0,02	0,29
	3	1,3-4,7	18,23-51,31	4,67-8,18	0,98-2,76	0,02-2,01	0,02-0,48	0,02-0,41
O	4	0	0,00-6,09	*	0,00	*	*	*
	10	3,5-6,0	32,21-119,34	*	2,09-6,18	*	*	*
E	4	0	0,02-0,87	0,00-0,02	0,00-0,06	0,00	0,00	0,00
	7	1,3-3,4	0,02-27,42	0,00-6,62	0,00-1,70	0,00	0,00	0,00
Q	2	0	0,02-1,27	0,00-0,59	0,00-0,09	0,00	0,00	0,00
	5	0,7-1,5	5,99-26,34	1,83-6,58	0,37-1,06	0,00-0,92	0,00	0,00
Salas de Convívio								
A	8	3,3-11,3	4,58-82,84	1,36-13,62	0,37-4,71	0,00-3,93	0,00-0,69	0,00-0,59
R	2	0	8,11-9,95	2,74-3,30	0,26-0,29	0,00	0,00	0,00
	11	3,2-22,2	31,00-129,33	8,06-27,58	1,12-6,78	0,00-5,67	0,00-1,23	0,00-0,02

* Compostos não quantificados.

fizeram 15 ou mais observações em cada ambiente, que apontam valores entre 1,1 e $10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com excepção de um máximo de $69,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por seu lado, Hammond *et al.* (1987), Thompson *et al.* (1989) e Muramatsu *et al.* (1984) encontraram valores mais elevados em gabinetes de trabalho, a maioria entre 9 e $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ogden & Jenking (1999) referem, porém, níveis mais baixos de nicotina.

Como mostra o Quadro 3, os gabinetes J, L e M, com um IF "típico", apresentaram valores de nicotina semelhantes aos correntemente enunciados na bibliografia (Guerin & Jenkins, 1992; Ogden & Jenkins, 1999). Contudo, na maioria dos gabinetes estudados foram doseados teores de nicotina mais elevados,

atingindo os $119,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto nas salas de convívio se obtiveram teores entre $4,58$ e $129,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muito superiores aos teores indicados na bibliografia. Estes últimos resultados podem ser devidos a factores como o baixo pé-direito, ventilação deficiente (caso dos espaços H, P, O, E, A e R) e ainda ao facto de serem utilizados por fumadores inveterados (mais de 20 cigarros por dia).

No gabinete T, apesar das suas grandes dimensões, foram registados igualmente níveis elevados dos compostos em estudo. Tal dever-se-á ao mau funcionamento do sistema ar condicionado, ao qual não é prestada a devida manutenção, à elevada quantidade de mobiliário e à inadequada colocação da bomba de recolha (devido a limitações de espaço), junto a uma estante.

No mesmo gabinete (T) observou-se em duas recolhas, durante as quais não se fumou (IF=0), elevados níveis de alcalóides e de 3-EP, o que leva a questionar o estabelecimento de uma correspondência directa entre o IF e os teores dos compostos no FAT. Nos gabinetes P e O também foi verificada uma situação similar. Nestes casos, poderá ter ocorrido uma reemissão da nicotina acumulada nas paredes e mobiliários para a atmosfera interior, hipótese apoiada por outros estudos (Löfroth, 1995; Piadé *et al.*, 1999). O facto de a nicotina aderir mais fortemente às paredes e ao mobiliário do que às superfícies metálicas das câmaras de experimentação, onde se realiza este tipo de ensaios laboratoriais, poderá explicar a discrepância entre os teores de nicotina encontrados nas câmaras de fumo e nos ambientes reais, onde o fumo de tabaco está presente com alguma regularidade (Van Loy *et al.*, 1997; Van Loy *et al.*, 2001).

3.3. Comparação dos diferentes marcadores

No Quadro 4 apresentam-se os valores dos alcalóides do FAT e a sua correlação com os marcadores do FAT nicotina e 3-EP. Apresentam-se igualmente os valores de correlação para o alcalóide miosmina que, neste estudo, evidenciou um comportamento de potencial marcador. O facto de, por razões desconhecidas, não ter sido detectada cotinina na sala de convívio R, levou a que não se correlacionasse este alcalóide com os marcadores seleccionados.

Todos os coeficientes de determinação para estes três marcadores apresentam valores superiores a 0,536, o que permite concluir sobre a sua utilização como índices da presença dos alcalóides minoritários do tabaco. A razão nicotina/3-EP foi de cerca de 4,5 e a razão nicotina/miosmina de cerca de 20.

Assim, no que diz respeito à 3-EP, esta pode ser considerada mais adequada como marcador do que a nicotina, tendo em conta que a concentração deste composto é muito semelhante à dos restantes alcalóides minoritários estudados.

Quadro 4

Teores de alcalóides no FAT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e sua correlação com os marcadores *

Compostos do FAT	Obs (n°)	Média±DP	Mediana	Variação	Nicotina/comp.*		3-EP/comp.*		Miosmina/co mp.*	
					R ²	Rácio	R ²	Rácio	R ²	Rácio
Gabinetes										
Nicotina	55	23.18±17.14	20.28	0.02-64.67	1.000	1.000	0.931	0.206	0.933	0.046
3-EP	55	5.13±3.66	4.44	0.00-16.82	0.931	4.517	1.000	1.000	0.859	0.206
Miosmina	55	1.16±0.81	1.15	0.00-2.86	0.933	20.323	0.859	4.163	1.000	1.000
Nicotirina	55	0.79±1.00	0.02	0.00-3.78	0.717	14.548	0.665	2.991	0.613	0.640
2,3'-Bipiridil	55	0.14±0.19	0.02	0.00-0.60	0.729	78.038	0.593	15.027	0.644	3.485
Cotina	55	0.16±0.18	0.02	0.00-0.50	0.622	75.643	0.578	15.580	0.569	3.439
Salas de convívio										
Nicotina	19	61.83±39.40	72.33	4.58-129.33	1.000	1.000	0.944	0.202	0.792	0.043
3-EP	19	12.72±8.19	12.15	1.36-27.58	0.944	4.675	1.000	1.000	0.818	0.209
Miosmina	19	2.79±1.89	2.32	0.37-6.78	0.792	18.567	0.818	3.920	1.000	1.000
Nicotirina	19	1.64±2.16	0.02	0.00-5.67	0.538	13.405	0.579	2.890	0.679	0.722
2,3'-Bipiridil	19	0.31±0.45	0.02	0.00-1.23	0.599	67.256	0.685	14.948	0.860	3.861
Cotina	19	0.07±0.17	0.00	0.00-0.59	n.c.	-	n.c.	-	n.c.	-

* As observações feitas nos gabinetes O e J e algumas do gabinete T não foram incluídas.

* Compostos quantificados no fumo ambiental.

n.c. - Não correlacionados

AGRADECIMENTOS

A segunda e terceira autora desejam expressar a sua homenagem à Dr^a Maria da Graça Lourenço e ao Prof. Mendes Ferrão, responsáveis pela dinamização da Linha de Investigação do Tabaco do Instituto Superior de Agronomia, pela sua valiosa acção em prol da investigação do tabaco em Portugal.

BIBLIOGRAFIA

- DAISEY, J. M. (1999) — Tracers for assessing exposure to environmental tobacco smoke: What are they tracing. *Environ. Health Perspectives*, 107: 319-327.
- EATOUGH, D. J.; BENNER, C. L.; BAYONA, J. M.; RICHARDS, G.; LAMB, J. D.; LEE, M. L.; LEWIS, E. A.; HANSEN, L. D. (1989) — Chemical composition of environmental tobacco smoke. *Environ. Sci. Technol.*, 23: 679-687.

- FAO (2003) – *FAO Statistical Databases*, <http://apps.fao.org/>.
- FERRÃO, J. E. M. (1992) — *A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses*. IICT (Ed.), Com. Nac. Desc. Port. e Fund. Berardo, Lisboa.
- GUERIN, M. R.; JENKINS, R. A. (1992) — Environmental tobacco smoke. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 18: 95-114.
- GUERIN, M. R.; JENKINS, R. A.; TOMKINS, B. A. (1992) — *Field studies – Nicotine*, in: “The chemistry of Environmental Tobacco Smoke: Composition and Measurement” (M. Eisenberg, Ed.), Lewis Publishers, Chelsea, pp. 137-155.
- HAMMOND, S. K.; LEADERER, B. P.; ROCHE, A. C.; SCHENKER, M. (1987) — Collection and analysis of nicotine as a marker for environmental tobacco smoke. *Atmos. Environ.*, 21: 457-462.
- HEAVNER, D. L.; OGDEN, M. W.; NELSON, P. R. (1992) — Multisorbent thermal desorption/gas chromatography/mass selective detection method for the determination of target volatile organic compounds in indoor air. *Environ. Sci. Technol.*, 26: 1737-1746.
- LÖFROTH, G. (1995) — Phase distribution of nicotine in real environments as determined by two sampling methods. *Environ. Sci. Technol.*, 29: 975-978.
- LOURENÇO, M. G. (1985a) — *Composição química do tabaco - Os alcalóides como precursores de nitrosaminas*, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- LOURENÇO, M. G. (1985b) — O fumo do cigarro. I - Composição química da corrente principal do fumo, *II Jornadas do Tabaco*, ISA, Lisboa, 549-566.
- LOURENÇO, M. G. (1985c) — O fumo do cigarro. II - Composição química da corrente secundária do fumo. *II Jornadas do Tabaco*, ISA, Lisboa, 567-583.
- LOURENÇO, M. G. (1998-1999) — A composição química do tabaco e fumo e sua toxicidade. *Anais do ISA*, 47: 257-266.
- LOURENÇO, M. G. (1999a) — A composição química do tabaco e fumo e sua relação com a saúde. *III Jornadas Médicas - Medicina de adição - Tabagismo, Alcoolismo e Toxicodpendência*, Centenário da Sebenta, Coimbra.
- LOURENÇO, M. G. (1999b) — Os alcalóides do tabaco e do fumo e os seus efeitos no organismo humano. *Rev. Cienc. Agrar.*, 22: 63-75.
- LOURENÇO, M. G.; MATOS, A. (2003) — Alkaloids in environmental tobacco smoke filled rooms. *Intr. J. Env. Anal. Chem.*, 83: 189-197.
- MACKAY, J.; ERIKSEN, M. (2002) — *Tobacco Atlas*, World Health Organization, Geneve.
- MOTTA, L. C. (1985) — O tabaco e a saúde. *II Jornadas do Tabaco*, ISA, Lisboa, 597-727.
- MURAMATSU, M.; UMEMURA, S.; OKADA, T.; TOMITA, H. (1984) — Estimation of personal exposure to tobacco smoke with a newly developed nicotine personal monitor. *Environ. Research.*, 35: 218-227.

- NELSON, P. R.; OGDEN, M. W. (1990) — Measurement of ethenylpyridine in environmental tobacco smoke. *Proceedings of the 38th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics*, American Society for Mass Spectrometry, East Lansing, Michigan, 677-678.
- NELSON, P. R.; HEAVNER, D. L.; COLLIE, B. B.; MAIOLO, K. C.; OGDEN, M. W. (1992) — Effect of ventilation and sampling time on environmental tobacco smoke component ratios. *Environ. Sci. Technol.*, 26: 1909-1915.
- OGDEN, M. W. (1989) — Gas chromatographic determination of nicotine in environmental tobacco smoke: Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 72: 1002-1006.
- OGDEN, M. W. (1991) — *Use of capillary chromatography in the analysis of environmental tobacco smoke*, in: "Capillary Chromatography - The Applications" (W. Jennings and J. G. Nikelly, Eds.), Hüthig Buch Verlag, Heidelberg, pp. 67-82.
- OGDEN, M. W. (1992) — Equivalency of gas chromatographic conditions in determination of nicotine in environmental tobacco smoke: Minicollaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 75: 729-733.
- OGDEN, M. W.; MAIOLO, K. C. (1992) — Comparative evaluation of diffusive and active sampling systems for determining airborne nicotine and 3-ethenylpyridine. *Environ. Sci. Technol.*, 26: 1226-1234.
- OGDEN, M. W.; JENKINS, R. A. (1999) — *Nicotine in environmental tobacco smoke*, in: "Analytical Determination of Nicotine and Related Compounds and their Metabolites" (J. W. Gorrod and III. P. Jacob, Eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 531-581.
- OGDEN, M. W.; EUDY, L. W.; HEAVNER, D. L.; CONRAD, F. W.; GREEN, C. R. (1989) — Improved gas chromatographic determination of nicotine in environmental tobacco smoke. *Analyt.*, 114: 1005-1008.
- OGDEN, M. W.; HEAVNER, D. L.; FOSTER, T. L.; MAIOLO, K. C.; CASH, S. L.; RICHARDSON, J. D.; MARTIN, P.; SIMMONS, P. S.; CONRAD, F. W.; NELSON, P. R. (1996) — Personal monitoring system for measuring environmental tobacco smoke exposure. *Enviro. Technol.*, 17: 239-250.
- PETO, R.; LOPEZ, A. D.; BOREHAM, J.; THUN, M.; JR. HEATH, C. (1994) — *Mortality from Smoking in Developed Countries 1950-2000. Indirect Estimates from National Vital Statistics*. World Health Organization, Oxford University Press, Oxford.
- PIADÉ, J. J.; D'ANDRÉS, S.; SANDERS, E. B. (1999) — Sorption phenomena of nicotine and ethenylpyridine vapors on different materials in a test chamber. *Environ. Sci. Technol.*, 33: 2046-2052.
- THOMPSON, C. V.; JENKINS, R. A.; HIGGINS, C. E. (1989) — A thermal desorption method for the determination of nicotine in indoor environments. *Environ. Sci. Technol.*, 23: 429-435.
- VAN LOY, M. D.; LEE, V. C.; GUNDEL, L. A.; DAISEY, J. M.; SEXTRO, R. G.; NAZAROFF, W. W. (1997) — Dynamic behavior of semivolatile organic compounds in

indoor air. 1. Nicotine in a stainless steel chamber. *Environ. Sci. Technol.*, 31: 2554-2561.

VAN LOY, M. D.; RILEY, W. J.; DAISEY, J. M.; NAZAROFF, W. W. (2001) — Dynamic behavior of semivolatile organic compounds in indoor air. 2. Nicotine and phenanthrene with carpet and wallboard. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 560-567.

WORLD BANK (1999) - *Curbing the Epidemic*, Washington DC, USA .