

CHUVA E CHUVA ÁCIDA: UM ESTUDO COMPARATIVO DAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES MINHOTOS E GALEGOS

Laurinda Leite*, José Mendoza Rodríguez, Luís Dourado*, Filipa Soares* & Sara Almeida**

*Centro de Investigação em Educação, Instituto de Educação, Universidade do Minho, Portugal

**Instituto de Ciências da Educação, Universidade de Santiago de Compostela, Espanha

Introdução

O fenómeno da chuva é, cada vez mais, um dos fenómenos atmosféricos mais desejados e, simultaneamente, um dos mais temidos. Se é verdade que as secas têm vindo a aumentar, o que faz a chuva tornar-se desejável, também é verdade que são cada vez mais frequentes as notícias sobre chuvas intensas que provocam autênticas catástrofes para pessoas e bens. Recordem-se os recentes episódios na ilha da Madeira, ou no levante Espanhol.

As regiões de Braga e de Santiago da Compostela são regiões onde costumava chover muito intensamente no inverno mas que desde há alguns anos se confrontam com invernos secos e com chuva, por exemplo, no mês de Agosto. Estas, pelo menos aparentes, alterações climáticas fazem com que a chuva seja um fenómeno muito falado no dia-a-dia do cidadão comum, nomeadamente dos que estão ligados a actividades agro-pecuárias, negativamente influenciadas por alterações climáticas.

No entanto, a existência de reacções opostas face à chuva e a sua integração nas conversas do dia-a-dia das pessoas não significa que o cidadão comum compreenda o fenómeno e muito menos que tenha consciência de que o seu dia-a-dia interfere com as características da chuva, alterando o carácter químico desta. Este aspecto é especialmente importante numa região que tem vindo a ser assolada por incêndios que, obviamente, contribuem para esta alteração ao lançarem toneladas e toneladas de CO e CO₂ para a atmosfera (causando o aumento do efeito de estufa), mas onde também a indústria e a agricultura (entre outros) interferem com a qualidade do ar, lançando, directa ou indirectamente, óxidos de enxofre e de azoto para a atmosfera.

As chuvas e o seu carácter químico fazem parte do Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001), Português, integrando a área de Geografia e das Ciências Físicas e Naturais. Também os programas Galegos contemplam o estudo da chuva, designadamente nas disciplinas de ciências naturais, no 3º ano da ESO, e de Ciências Sociais, no 1º ano da ESO (Decreto 133/2007, de 5 de Julho, que regula o ensino na Educação Secundária Obrigatória (ESO) na Comunidade Autónoma da Galiza).

Assim, a questão que se coloca é, por um lado, a de saber com que conhecimentos sobre a chuva os alunos Galegos e Portugueses terminam uma escolaridade básica, que abrange o estudo, por todos, das Ciências e da Geografia. Por outro lado, e não tendo nem o Minho nem a Galiza sido directamente afectados por tragédias devidas às chuvas intensas mas tendo ambas as regiões sido vítimas de incêndios de grandes proporções, a de saber se os alunos das duas regiões manifestam ideias semelhantes ou diferentes sobre os fenómenos em estudo.

Objectivo do estudo

No contexto acima referido, este estudo visa comparar as concepções de estudantes de 9º ano ou formação equivalente sobre a chuva e a chuva ácida. Tal como Brody (1994) afirmou, conhecimento as concepções dos alunos acerca do ambiente e dos fenómenos que o afectam fornecerá informação relevante para adequar o ensino do tema em causa aos conhecimentos

prévios dos alunos, com vista à promoção da sua formação científica e do desenvolvimento de atitudes ecologicamente mais adequadas.

Fundamentação teórica

A chuva e a chuva ácida: formação e características

Os conceitos de chuva e precipitação aparecem muitas vezes associados, embora o segundo seja mais abrangente que o primeiro. De facto, o conceito de precipitação inclui todo o tipo de água que cai e se deposita na superfície da terra, quer esta se encontre no estado líquido quer se encontre no estado sólido. Contudo, quando falamos de chuva referimo-nos apenas à precipitação de água no estado líquido.

A formação de precipitação requer a existência de condensação na atmosfera devido ao seu arrefecimento. O processo de condensação é facilitado pela presença de partículas ou moléculas na atmosfera, denominadas de núcleos de condensação (Smithson *et al.*, 2002), entre os quais se destacam as moléculas de cloreto de sódio, produtos de combustão do enxofre e compostos de azoto.

As chuvas podem ser classificadas com base nos processos que conduzem à sua formação, podendo ser:

- a. *Convectivas*: Estas chuvas formam-se por processos de evaporação derivados da insolação, em que o ar húmido, formado nas camadas baixas da atmosfera, ascende às camadas altas, arrefecendo e dando origem à ocorrência de condensação e chuva. Este fenómeno é habitual durante o inverno, em zonas tropicais e em latitudes temperadas. Contudo, nestas mesmas regiões, podem existir fenómenos análogos, embora menos intensos, durante o verão, devido ao efeito da insolação. Este efeito é devido à produção de nuvens de desenvolvimento vertical que, na sua ascensão, passam por um processo de arrefecimento e podem originar tempestades.
- b. *Orográficas*: Este tipo de chuvas produz-se nas zonas montanhosas devido ao arrefecimento das massas de ar húmido que se elevam. Este arrefecimento acarreta a condensação e a posterior precipitação. Em Espanha, este é um fenómeno típico na cordilheira Cantábrica, a qual actua como uma barreira ao ar húmido proveniente do Atlântico, que faz com que existam zonas áridas por detrás dessa cadeia montanhosa. Para que se produza este tipo de chuvas, as montanhas devem ter uma altura superior a 1500 ou 2000 metros.
- c. *Ciclónicas*: Estas chuvas associam-se aos ciclones extra-tropicais ou tempestades e produzem chuvas generalizadas.

As chuvas podem ser caracterizadas segundo diversas perspectivas (Herrick & Jamieson, 1995). Do ponto de vista químico, considera-se a chuva ácida quando o seu pH é inferior a 5.6 (Rhodes & Middleton, 1983; Bashkin, & Radojevic, 2003), podendo mesmo alcançar o pH do vinagre (pH=3). Estes valores de pH, baixos, são causados pela presença de ácidos, como o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃), formados a partir do dióxido de enxofre (SO₂) e do monóxido de azoto, respectivamente, presentes na atmosfera (Bashkin, & Radojevic, 2003).

A chuva, normalmente, é ligeiramente ácida, apresentando um pH próximo de 5.6 (Bashkin, & Radojevic, 2003), devido à presença de CO₂ na atmosfera que, em contacto com o vapor de água (também existente na atmosfera), dá origem ao ácido carbónico (H₂CO₃).

O conceito de chuva ácida foi introduzido na Europa no século XIX (Bashkin & Radojevic, 2003), mais precisamente em 1852, pelo químico britânico Robert Angus Smith, e demorou mais de um século a alcançar reconhecimento ao nível mundial. Este reconhecimento só foi possível graças a um estudo do governo sueco, apresentado em 1972 na Conferência das

Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente, onde constatava que os ecossistemas daquele país nórdico sofriam deste fenómeno, que se considerava ser provocado por resíduos provenientes de indústrias, designadamente das centrais térmicas britânicas. Inicialmente o receio pelas chuvas ácidas estava associado à possibilidade de contaminação de reservas de água, nomeadamente lagos (Herrick & Jamesion, 1995). Contudo, nos últimos anos, o fenómeno da chuva ácida tornou-se num dos ícones da degradação do meio ambiente, provocada pela industrialização. Como se referiu acima, a chuva ácida produz-se quando o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de azoto (NO_x) reagem com o oxigénio atmosférico e se dissolvem na água da chuva, formando os ácidos sulfúrico e nítrico, tal como se esquematiza, respectivamente, nas figuras 1 e 2 (extraídas de <http://revista.consumer.es/web/es/20061101/medioambiente/70849.php>).

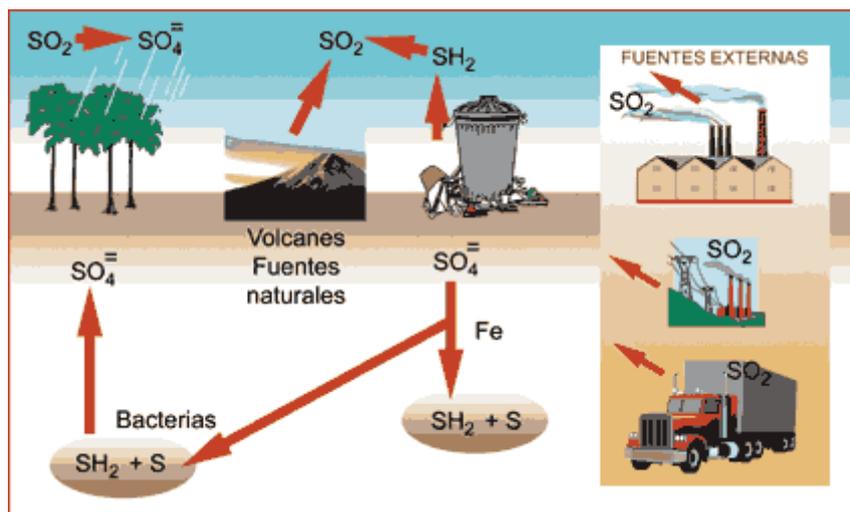


Fig. 1: Formação de chuva ácida devido aos óxidos de enxofre

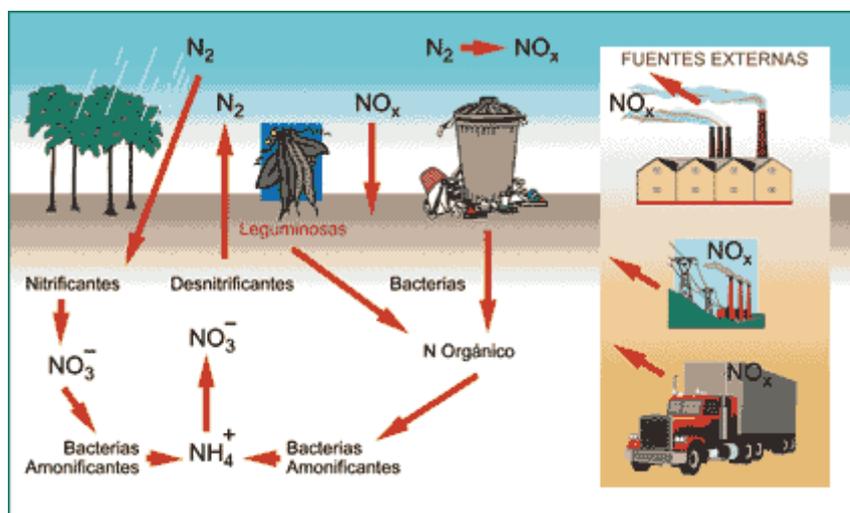


Fig 2: Formação de chuvas ácidas devido aos óxidos de azoto

O vento pode fazer com que os óxidos de enxofre e de azoto percorram milhares de quilómetros antes de caírem sob a forma de chuva, orvalho, granizo, neve ou neblina ou, inclusive, sob a forma de gases e partículas com carácter químico ácido. Este fenómeno, designado por “deposição seca”, é, segundo Warneck (1989), um importante processo de remoção de SO_2 da atmosfera, mas, como referem Rhodes & Meddleton (1983), neste processo de deposição os precursores da chuva ácida convertem-se em ácidos no solo.

Embora a natureza também produza e lance para a atmosfera este tipo de gases, por exemplo a partir do magma vulcânico, os principais responsáveis por este problema ambiental são as emissões associadas aos meios de transporte (Boyes & Stanisstreet, 1997), às centrais térmicas, que usam combustíveis fósseis como o carvão, (Hao *et al.*, 2000), às indústrias e às estações agro-pecuárias, designadamente por causa do amoníaco originado no estrume (Rhodes & Middleton, 1983).

Os efeitos das chuvas ácidas sobre o meio ambiente são notáveis e preocupantes. A água torna-se mais ácida, o que pode provocar o desaparecimento da vida animal e vegetal dos lagos, canais e rios. Os seres vivos mais afectados são os peixes (diversas espécies), os líquenes, os musgos e os fungos, alguns deles essenciais para a massa florestal, bem como os organismos aquáticos mais pequenos (Yolanda *et al.*, s/d). Contudo, o efeito acaba por alcançar outros seres vivos, designadamente as árvores, cuja diminuição faz aumentar, por sua vez, a possibilidade de avalanches e deslizamentos de terras, pondo em perigo as populações circundantes (Yolanda *et al.*, s/d). O processo de acidificação devido às chuvas ácidas também pode reduzir a fertilidade dos solos e libertar metais que podem danificar os microrganismos da terra assim como as aves e até os mamíferos posicionados no topo da cadeia alimentar, incluindo o Homem (DeHayes, 1999).

As emissões de SO₂ e NO_x também afectam os edifícios antigos e novos, em especial aqueles que foram construídos com materiais facilmente degradáveis, como sendo o calcário e o arenito (ver: <http://revista.consumer.es/web/es/20061101/medioambiente/70849.php>). Por exemplo, o Partenón (na Grécia) sofreu mais o efeito da erosão nos últimos 30 anos do que durante os 2400 anos anteriores. Em Espanha, a degradação do tesouro pictórico do museu do Prado acelerou devido a esta contaminação. Muitos outros edifícios, alguns dos mais emblemáticos da Península Ibérica, sofrem com a devastação que a chuva ácida provoca.

Acresce que os contaminantes que causam a acidificação da chuva podem conduzir a outros problemas ambientais. Na verdade, o excesso de nitrogénio na água serve de nutriente para um crescimento rápido das algas e outras plantas verdes. Este fenómeno conhecido como eutrofização conduz a um empobrecimento do teor em oxigénio da água dos mares e dos rios provocando um declínio na biodiversidade. Por outro lado, os óxidos de azoto podem reagir com diversos compostos orgânicos voláteis, originando ozono que se acumula na troposfera e que é um gás nocivo para o meio ambiente e para a saúde.

Finalmente, refira-se que, através de um estudo com a duração de 15 anos (Yolanda *et al.*, s/d), demonstrou-se que a chuva ácida está transformar importantes nutrientes das plantas, presentes no solo, como o cálcio, o magnésio, e o potássio tornando-os impróprios para árvores. As chuvas ácidas mobilizam, ainda, o alumínio dos solos florestais, diminuindo a proporção entre o cálcio e o referido elemento, até ao ponto de impedirem o crescimento (DeHayes *et al.*, 1999). Efeitos semelhantes aos causados nas árvores, são esperados sobre os terrenos agrícolas e as culturas, com consequências maléficas para a economia e a sobrevivência do homem.

A concluir esta secção vale a pena referir que, conforme se pode ler em <http://www.bublegum.net/ozono21/7555/Lluvia%20%El%20cida%20Gotas%20de%20corrosi%F3n.html>, o SO₂, um dos causadores da chuva ácida, pode apresentar um aspecto positivo, na medida em que um estudo recente, realizado por Investigadores da Open University, em Inglaterra, sugere que o SO₂ reduz o gás metano, o que, a confirmar-se, é importante por poder contribuir para a diminuição do efeito de estufa. Esta é, talvez, mais uma evidência da complexidade dos fenómenos meteorológicos e ambientais.

Concepções de estudantes sobre a chuva e as chuvas ácidas

A chuva é um fenómeno natural com o qual as crianças contactam desde muito cedo, que sentem acontecer sem que alguém visível faça algo para que aconteça. Dada a frequência com

que a chuva acontece em dias de nuvens e embora não chova sempre que há nuvens, os alunos tendem mesmo assim, a associá-la às nuvens (Dove, 1998; Henriques, 2002). Contudo, dado que as nuvens são algo muito distante e constituído por partículas muito pequenas para poderem ser observadas, as crianças tendem a inventar modelos acerca do comportamento que imaginam que as nuvens podem ter, designadamente no que respeita à sua relação com a chuva (Dove, 1998; Henriques, 2002). Alguns desses modelos são de natureza analógica e resultam do estabelecimento de comparações entre objectos familiares (ex: baldes, algodão ou esponjas) e nuvens, mediadas pelo conhecimento que têm das consequências observáveis da existência de nuvens: chuva. Assim, em vez de considerarem que ocorre chuva quando as gotas de água atingem dimensões que permitem a sua queda por acção da gravidade, consideram que chove quando as nuvens ficam cheias (como o balde) ou saturadas (como um pedaço de algodão ou uma esponja) de água (Dove, 1998; Gören & Leite, 2004; Leite & Dourado, 2010). Outros ainda pensam que as colisões entre nuvens podem também ser encaradas como causas de chuva, pelo facto de provocarem a agitação das mesmas (Dove, 1998).

O facto de não terem acesso directo ao processo de formação da chuva faz com que crianças em idade pré-escolar considerem que a chuva é constituída por água que vem do céu e não das nuvens (Henriques, 2002; Saçkes *et al.*, 2010). Esta concepção pode ter a ver com o facto de, frequentemente, a chuva e a trovoada estarem associadas no tempo e de, como mostram alguns estudos (Dove, 1998; Henriques, 2002), as crianças pensarem que a trovoada tem a ver com seres divinos.

As nuvens passam a ser percebidas como estando na origem da chuva apenas no final da escolaridade obrigatória, quando o ciclo da água passa a ser conceptualizado pelas crianças, apesar de terem dificuldades em definir alguns dos conceitos a ele associados, designadamente, os conceitos de evaporação e condensação (Saçkes *et al.*, 2010).

As dificuldades de conceptualização das nuvens e/ou da chuva têm implicações em termos das características que lhe são atribuídas. Assim, as crianças pensam que a chuva é constituída por água pura, com pH=7, pois, ao contrário do que de facto acontece (Daniel, 2000), não consideram a existência de gases e partículas, nem nas nuvens nem na atmosfera, capazes de se associarem ao vapor de água para formarem a chuva. Esta concepção, que se constata perdurar em alguns adultos, faz com que aproveitem água da chuva para utilizações diversas, nomeadamente em máquinas agrícolas. Uma vez que a chuva, normalmente, é ligeiramente ácida, esta utilização pode ter consequências prejudiciais.

Acresce que, por ser um fenómeno natural, alguns jovens e até mesmo alguns futuros professores primários não aceitam que a chuva possa ser prejudicial, pois acreditam que tudo o que é de origem natural não é poluente (Marinopoulos *et al.*, 2002). Assim, rejeitam a ideia da chuva poder ter consequências nefastas.

Mesmo quando aceitam que a chuva, pode ser ácida e ter consequências para o ambiente e os seres vivos, constata-se que não fazem a distinção entre os diferentes problemas ambientais nem entre as suas causas. Na verdade, tanto estudantes do ensino secundário (Boyes *et al.* 1997) como estudantes do ensino superior (Boyes *et al.* 1993), parecem confundir diferentes problemas ambientais atribuindo a todos eles as mesmas causas, entre as quais se conta o CO₂. Por essa razão, estudantes de 10 e 11 (Thornber *et al.*, 1999) e de 11 e 12 anos (Marinopoulos *et al.*, 2002) anos, não identificam correctamente os gases causadores das chuvas ácidas, e alguns defendem mesmo que o dióxido de carbono não deveria existir, para não causar chuvas ácidas. Ainda a reforçar aquela indiferenciação de causas está a constatação de que estudantes universitários consideram que a chuva ácida é uma das principais causas do efeito de estufa (DeGroves *et al.*, 1999).

Acresce que a insuficiente compreensão do mecanismo de formação e queda da chuva, aliada a dificuldades de conceptualização dos movimentos do ar, faz com que os indivíduos (quer estudantes jovens quer futuros professores) não aceitem a possibilidade de ocorrência de

chuvas ácidas em locais distantes das fontes de poluição (Boyes *et al*, 1995, citado por Marinopoulos *et al*, 2002), facto que os leva também a associar as chuvas ácidas mais às cidades do que ao campo pelo facto de considerarem que nas primeiras há mais poluição que nos segundos.

Marinopoulos *et al*. (2002) verificaram que a maior parte das 128 crianças (de 10 ou 11 anos) que participaram no seu estudo admitem não saber o que são as chuvas ácidas. Os que têm ideias sobre o assunto, consideram que as chuvas ácidas são águas contaminadas, que contêm gases poluentes e substâncias perigosas, ou afirmam que são chuvas que contêm ácidos, parecendo, assim, separar a chuva dos gases ou dos ácidos que tornam a chuva ácida.

Relativamente às consequências das chuvas ácidas, este estudo mostrou que cerca de um terço dos participantes no estudo (32,8%) considera que as consequências das chuvas ácidas são desastrosas, podendo causar doenças graves, e 13,8 % refere que as chuvas ácidas contaminam o ambiente e os micróbios e causam a morte das pessoas. No entanto, a maior parte dos estudantes não deu resposta a esta pergunta, o que sugere que neste (Marinopoulos *et al.*, 2002) como em outros grupos, há um reduzido conhecimento da temática em causa

Metodologia

Participaram no estudo 468 estudantes de 14 ou 15 anos de idade, sendo 273 da região do Minho (Portugal) e 195 região da Galiza (Espanha). Em cada um dos países foram seleccionadas turmas de diversas escolas, de modo a que cada uma das sub-amostras incluisse alunos que tivessem tido diversos professores e se tornasse heterogénea no que respeita a experiência formativa prévia, a fim de serem minimizados eventuais efeitos do professor.

Como se mostra na tabela 1, a sub-amostra portuguesa é um pouco mais desequilibrada no que respeita ao sexo e um pouco mais jovem do que a Espanhola. Esta diferença de idades, deve-se ao facto de, em Espanha, a escolaridade obrigatória terminar um ano mais tarde do que em Portugal.

Tabela 1: Características da amostra (%)

(N=468)

Características		País	
		Espanha (n=195)	Portugal (n=273)
Sexo	Masculino	48.7	45.8
	Feminino	49.7	54.2
	Não responde	01,6	00.0
Idade (anos)	14	14.4	43.2
	15	28.7	40.3
	16	30.3	15.0
	17 ou mais	12.3	01.1
	Não responde	14.3	00.4

Os dados foram recolhidos através de um questionário previamente validado com três especialistas na área de Educação em Ciências, do qual forma elaboradas duas versões, uma em Português e outra em Galego. Apresentava-se aos alunos uma situação em que 3 pessoas discutiam sobre chuva e se faz, ou não, sentido falar em chuvas ácidas. Os respondentes eram confrontados a analisar as opiniões sobre a chuva (normal) e sobre chuva ácida e a pronunciar-se sobre elas.

O questionário foi aplicado em condições de exame, com a colaboração de professores de ciências e de Geografia, por se considerar que este contexto de aplicação conduziria a uma maior qualidade das respostas.

As respostas obtidas foram sujeitas a análise de conteúdo com vista à quantificação, tendo-se partido de algumas ideias descritas na literatura e adicionado outras, de modo a que os sistemas de categorias finais se adequassem aos dados. Um dos autores classificou todas as respostas, e outro autor classificou uma parte delas para aumentar a fiabilidade dos dados. Algumas respostas mais difíceis de compreender/classificar foram ainda analisadas por um terceiro autor. Na secção que se segue apresentam-se os dados quantitativos resultantes deste processo de análise, por país, de modo a tornar possível a análise comparativa mencionada no início do texto.

Apresentação e discussão de resultados

Como se pode constatar pela análise da tabela 2, os estudantes portugueses e os espanhóis pronunciaram-se de forma semelhante sobre a afirmação do Miguel acerca da eventual acidez da chuva normal. A maioria dos elementos de cada uma das sub-amostras, deu razão ao Miguel, o que significa que considera que a chuva normal não é ácida. No entanto, um pouco mais de um terço de cada uma das sub-amostras considera que o Miguel não tem razão, o que significa que acredita, correctamente, que a chuva normal tem carácter químico ácido.

Tabela 2: Opinião dos alunos sobre a possibilidade de a chuva normal ser ácida (%)
(N=468)

O Miguel tem razão quando afirma “A chuva normal não é ácida”?	País	
	Espanha (n=195)	Portugal (n=273)
Sim (a chuva normal não é ácida)	58.5	57.1
Não (a chuva normal é ácida)	37.9	39.6
Não responde	3.6	3.3

Nesta questão, foram poucos os estudantes, de qualquer um dos países, que não responderam. Contudo, quando foram solicitados a justificar a esta opinião, muitos dos participantes não foram capazes de dar uma justificação compreensível ou não responderam (tabela 3), o que significa que, embora concordem com a ideia do Miguel, não são capazes de explicar por que é que a chuva normal é ácida. As justificações apresentadas centram-se nas características da chuva, na modificação da chuva e na formação das nuvens,

Tabela 3: Razões que fundamentam a concordância com a ideia de que a chuva normal é ácida ou neutra (%)

Categorias de resposta		Razões	País	
			Espanha (n=74)	Portugal (n=108)
Características da chuva	Consistentes	A chuva é sempre ácida	25.7	21.3
		O pH da chuva é < 7	06.8	15.7
	Inconsistentes	Só alguma chuva é ácida	09.5	04.6
		A chuva é pouco ácida	06.8	02.8
		O pH da chuva é > 7/é elevado	04.0	00.0
Modificação da chuva		A poluição torna a chuva (mais) ácida	12.1	15.7
		Os gases atmosféricos tornam a chuva ácida	00.0	01.9
		A temperatura torna a chuva normal ácida	00.0	00.9
Formação das nuvens		A formação das nuvens implica a mistura de água e ácidos	00.0	02.8
Incompreensíveis			23.0	17.6
Não responde			12.1	16.7

Os alunos que discordam do Miguel, discordam que a chuva não seja ácida e, por isso, ou consideram que a chuva normal é ácida (nenhum explicitou que a chuva é neutra). No entanto, são poucos os que dão justificações consistentes com a ideia a justificar, embora as justificações tenham apresentadas tenham sido muito sucintas e factuais, assentes em características da chuva (a chuva é sempre ácida; o pH da Chuva é < 7). Alguns alunos recorreram a características da chuva que são inconsistentes com a ideia que defenderam sobre a acidez da chuva mas que talvez não lhes tenham feito sentir contradição por eles terem introduzido termos como “alguma” ou “pouco”. Parece também que alguns alunos erraram na gama de valores de pH que atribuíram às soluções ácidas, considerando que são altos ou maiores que 7. Talvez tenham confundido acidez elevada com valor de pH elevado. Os alunos que concordam com o Miguel consideram, incorrectamente, que a chuva normal não é ácida. As razões que avançam para suportar essa ideia estão sintetizadas na tabela 4. Alguma baseiam-se em características da chuva que, nuns casos, são consistentes com a ideia a defender e em outros casos são inconsistentes com essa ideia. De realçar ainda: a ideia de que a chuva é constituída por água pura/natural, a qual leva algumas pessoas a usar chuva em vez de água destilada; o facto de alguns alunos justificarem a não acidez da água com a afirmação de que o pH da chuva normal é < 7 . É de realçar que diversos alunos consideram que a chuva não é ácida porque se fosse ácida deveria haver efeitos observáveis disso e, segundo eles, esses efeitos perceptíveis não existem.

Tabela 4: Razões para concordância com a ideia ‘A chuva normal não é ácida’ (%)

Categorias de resposta		Razões	País	
			Espanha (n=114)	Portugal (n=156)
Características da chuva	Consistentes	A chuva é apenas ligeiramente ácida	0,9	0,7
		A chuva é constituída por água pura/natural	3,5	1,3
		O pH é ≥ 7	8,8	12,8
	Não consistentes	O pH da chuva normal é < 7	2,6	8,3
A chuva normal é ácida		0,9	0,7	
Alteração da chuva		A chuva nem sempre é ácida	6,1	3,8
		A chuva torna-se ácida devido aos poluentes	9,6	14,7
		Os gases da atmosfera tornam a chuva ácida	0,0	5,8
Formação das nuvens		A formação das nuvens implica a mistura de água e gases	6,2	1,3
Consequências da chuva		A chuva normal não tem efeitos perceptíveis	21,9	11,5
Incompreensíveis			14,9	11,5
Não responde			24,6	27,6

Em qualquer um dos países, a maioria dos participantes no estudo considera que faz sentido falar em chuva ácida (tabela 5), concordando por tanto com a Joaquina.

Tabela 5: Opinião dos alunos sobre se faz sentido falar em chuva ácida (%)
(N=468)

A Joaquina está certa quando afirma que faz sentido falar em chuva ácida?	País	
	Espanha (n=195)	Portugal (n=273)
Sim	67.2	83.2
Não	24.6	11.3
Não responde	08.2	05.5

No entanto, a percentagem de alunos portugueses que apoia esta ideia (83.2%) é superior à percentagem de alunos espanhóis que concordam com ela (67.2%). Nesta questão, foram novamente poucos os estudantes, de qualquer um dos países, que não responderam. Contudo, quando foram solicitados a justificar a sua opinião sobre a afirmação da Joaquina, voltou a verificar-se que muitos dos participantes não foram capazes de dar uma justificação compreensível ou não responderam (tabelas 6 e 7). No caso dos alunos que afirmaram concordar com a Joaquina, isto significa que, embora concordem com a ideia do Joaquina, que corresponde a uma convenção, não são capazes de a explicar, pelo que parecem não saber por que, de facto, faz sentido falar em chuva ácida. Contudo, alguns alunos, dos dois países, fizeram afirmações correctas aquando da apresentação dessa justificação (tabela 6), baseadas na acidez ou no pH da chuva.

Tabela 6: Razões para concordância com a ideia ‘Faz sentido falar em chuva ácida’ (%)

Categorias de resposta		Razões	País	
			Espanha (n=131)	Portugal (n=227)
Características da chuva	Consistentes	Toda a chuva é mais ou menos ácida	08.4	05.7
		O pH da chuva é < 7	07.6	04.4
	Inconsistentes	Há chuva normal (não ácida) e chuvas ácidas	14.5	11.9
Modificação da chuva		A chuva torna-se ácida devido aos poluentes	10.7	20.7
		A chuva torna-se ácida quando se juntam ácidos	00.0	00.9
		Os gases da atmosfera tornam a chuva ácida	2.3	01.8
Consequências da chuva ácida		As chuvas ácidas causam estragos	10.7	05.7
		As chuvas ácidas são perigosas para o ambiente	02.3	01.3
Frequências da chuva ácida		A chuva ácida é cada vez mais frequente	00.8	03.5
Incompreensíveis			07.6	08.8
Não responde			35.1	35.3

Foram muito poucos os alunos, dos dois países, que fizeram afirmações consistentes com a ideia da Joaquina, baseadas na acidez ou no pH da chuva. Estes alunos ignoraram a existência de uma convenção acerca desta terminologia (tabela 6).

Tabela 7: Razões para discordância com a ideia ‘Faz sentido falar em chuva ácida’ (%)

Categorias de resposta		Razões	País	
			Espanha (n=48)	Portugal (n=31)
Características da chuva	Consistente	Toda a chuva é mais ou menos ácida	02.1	00.0
		O pH da chuva =7	02.1	03.2
	Inconsistente	A chuva torna-se ácida devido aos poluentes	06.2	19.4
Consequências da chuva ácida		As chuvas ácidas causam estragos	00.0	03.2
		As chuvas ácidas são perigosas para o ambiente	02.1	00.0
Incompreensíveis			29.2	25.8
Não responde			58.3	48.4

É curioso notar que alguns alunos parecem distinguir entre acidez e chuva, pois afirmam que não faz sentido falar em chuva ácida, uma vez que a chuva se torna ácida devido aos poluentes. Note-se ainda que alguns alunos consideram que não faz sentido falar em chuvas ácidas pois esta causam estragos e, aparentemente, eles não têm observado esses estragos, o que, para eles, significa que então a chuva não é ácida.

Aquando da análise das justificações dadas pelos alunos para as duas perguntas em análise, nota-se uma grande semelhança nas justificações apresentadas pelos alunos das sub-amostras dos dois países, não só em termos qualitativos, porque têm conteúdo semelhante, mas também em termos quantitativos, porque as justificações mais frequentes na sub-amostra espanhola também o são na sub-amostra portuguesa.

Conclusões e implicações

Tal como se poderia esperar com base em estudos anteriormente realizados (ex: Dove, 1998) Henriques, 2002; Saçkes *et al.*, 2010), os estudantes que participaram neste estudo apresentam não só um baixo domínio das concepções cientificamente aceites sobre a chuva e a chuva ácida mas também uma dificuldade considerável em avançar com justificações para as ideias que parecem perfilhar acerca daqueles fenómenos. Assim, ao terminarem aquela que tem sido a escolaridade obrigatória, não possuem ferramentas conceptuais que lhes facilitem comportamentos adequados nem que lhes permitam envolverem-se activamente em debates sobre a chuva ácida, suas causas e consequências pelo que estarão limitados no exercício de uma cidadania que se pretende activa e interventiva mas cientificamente fundamentada para poder ser eficaz e responsável. Embora nos noticiários diários, a temática das chuvas ácidas tenha deixado lugar a outros temas, a ameaça das chuvas ácidas não desapareceu. Sendo um a chuva e a chuva um dos temas que faz parte dos currículos dos dois países, parece necessário encontrar formas de tornar o seu tratamento didáctico mais eficaz do que tem sido até aqui. Para além de esse tratamento dever assentar nas dificuldades e ideias prévias dos alunos, parece, desde logo, requerer a abordagem da formação da chuva e da sua relação com as nuvens, da constituição das nuvens e da atmosfera, da circulação de ar e da sua relação com as fontes de poluição e, ainda, do fenómeno da queda da chuva. Devido ao facto de aos alunos confundirem o problema da chuva ácida com outros problemas ambientais, será fundamental relacioná-lo explicitando as necessárias diferenças entre eles.

Referências

- BASHKIN, V. & RADOJEVIC, M. (2003). Acid rain and its mitigation in Asia. *International Journal of Environmental Studies*, 60(3), 205-214
- BOYES, E. & STANISSTREET, M. (1997). The environmental impact of cars: children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research*, 3(3), 269-282.
- BRODY, M. (1994). Student science knowledge related to ecological crises. *International Journal of Science Education*, 16(4), 421-435.
- DANIEL, J. (2000). *Sciences de la terre e de l'univers*. Paris: Vuibert.
- DeHAYES, D. *et al.* (1999). Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health, *BioScience*, 49(10), 789-800.
- DOVE, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *School Science Review*, 79 (289), 65-69.
- GÖREN, A. & LEITE, L. (2004). *Concepções alternativas sobre meteorologia: Um estudo com alunos açorianos do 8º ano*. Poster apresentado no Encontro da Sociedade Portuguesa de Física, Porto, Setembro, 08-10.

- GROVES, F. & PUGH, A. (1999). Elementary preservice teacher perception of the greenhouse effect. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 75-81.
- HAO, J. *et al.* (2000). Designation of acid rain and SO₂ control zones and control policies in China. *Journal of Environmental Social Health*, A35(10), 1901-1914.
- HENRIQUES, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202-215.
- HERRICK, C. & JMIESON, D. (1995). The social construction of acid rain. *Global Environmental Change*, 5(2), 105- 112.
- LEITE, L. & DOURADO, D. (2010). From global warming to clouds and rain: An analysis of 9th graders' reasoning. In Montané, J. & Salazar, J. (Eds.), ATEE 2009 Annual Conference Proceedings. ATEE: Bruxelles, 696-709.
- MARINOPOULOS, D. & STRAVIDOU, H. (2002). The influence of a collaborative environment on primary students' conceptions about acid rain. *Journal of Biological Education*, 37(1), 18-24.
- SAÇKES, M. *et al.* (2010). Four to six-year-old children's conceptions of the mechanism of rainfall. *Early Childhood Research Quarterly*, in press.
- SMITHSON, P. *et al.* (2002). *Fundamentals of Physical environment*. Londres: Routledge.
- THORNER, J. *et al.* (1999). School students' ideas about air pollution: Hindrance or help for learning? *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 67-73.
- WARNECK, P. (1989). Sulfur dioxide in rain clouds: gas-Liquid scavenging efficiencies and wet deposition rates in the presence of formaldehyde. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 8, 99-117.
- YOLANDA *et al.* (s/d). La lluvia ácida. Disponível em: <http://platea.pntic.mec.es/~rmartini/acidrain.htm> (accedido em: 19/10/2010).

LEITE, Laurinda; MENDOZA RODRÍGUEZ, José; DOURADO, Luís; SOARES, Filipa & ALMEIDA, Sara (2010). Chuva e chuva ácida: Um estudo comparativo das concepções de estudantes minhotos e galegos. *In* E. Canalejas Couceiro & C. García Rodríguez (Coord.). *Boletín das Ciencias – XXIII Congreso de ENCIGA*. A Coruña: ENCIGA (Ensinantes de Ciencias de Galicia), pp. 1-11.