

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE (UFAC)  
Grupo de Estudos e Serviços Ambientais**



**RELATÓRIO FINAL DO TRABALHO DA BOLSISTA CNPq  
(1 de fevereiro de 2007 a 31 de julho de 2008)**

**Teresinha da Silva Carneiro**  
Bolsa de Apoio Técnico à Pesquisa, Nível Médio

*Edital 57-2005, Processo 501242/2005-8*

**O ACRE NO TRANSPORTE DE AERÓSSOIS  
ATMOSFÉRICOS NA AMAZÔNIA**

**Prof. Dr. Alejandro Fonseca Duarte**  
Orientador  
Departamento de Ciências da Natureza, UFAC

**Rio Branco – AC, Agosto de 2008**

# ÍNDICE

<i>INTRODUÇÃO</i> .....	3
<i>OBJETIVO GERAL</i> .....	4
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	4
<i>METODOLOGIA</i> .....	5
<b>BASES DA EXPERIMENTAÇÃO</b>	
<b>MEIOS DE EXPERIMENTAÇÃO</b>	
<b>MEIOS E MÉTODOS AUXILIARES DE MONITORAMENTO</b>	
<b>REGISTROS FOTOGRÁFICOS RELACIONADOS COM O CONTEXTO E AS EXPERIÊNCIAS</b>	
<i>RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES</i> .....	14
<b>CHUVAS POR DIA NA ÁREA DE COLETA DA DEPOSIÇÃO</b>	
<i>CONCLUSÃO</i> .....	20
<i>AGRADECIMENTOS</i> .....	21
<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	21

## INTRODUÇÃO

O apoio técnico na realização de experiências no tema Deposição Úmida apresenta grande importância no momento atual em que há grande emissão de gases, elementos e substâncias para a atmosfera que, além de interagirem entre si, interagem também com o vapor de água e com a radiação solar, determinando a formação de compostos orgânicos e inorgânicos de caráter ácido ou com outras características químicas reativas, como ozônio, ácido nítrico, ácido sulfúrico, etc.

As emissões se originam naturalmente a partir da função fisiologia dos seres vivos como a vegetação e animais, bem como das erupções vulcânicas e do arraste de areia pelos ventos. Por outro lado as atividades humanas, como as relacionadas com o consumo de combustíveis pelas industriais, o transporte e o emprego de fertilizantes pela agricultura têm adquirido, nos tempos atuais, um marcado peso na contribuição das mencionadas emissões, que injetam gases e material particulado na atmosfera. No contexto da Amazônia, as emissões antropogênicas encontram nas derrubadas e queimadas da floresta o grande fator que determina a expressiva carga sazonal de poluentes atmosféricos na região. A circulação dos ventos faz, também, com que as altas concentrações de fumaça invadam diferentes partes da América do Sul, influenciando na qualidade do ar e das águas que precipitam em meio a tais condições de poluição. As conseqüências são as modificações na qualidade dos solos, interferências na saúde humana, animal e vegetal e, além disso, a permanência dos gases e particulado na atmosfera contribui essencialmente para a modificação do clima.

Dentre os aerossóis que ingressam na atmosfera estão os marinhos, a poeira, o material vulcânico, aerossóis de carbono e de enxofre, e micróbios de diferentes origens; dentre os gases, os compostos orgânicos voláteis, compostos de nitrogênio (como NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônio, metano, etc.

Chuvas e ventos são mecanismos naturais da disseminação de substâncias orgânicas e inorgânicas. A deposição de substâncias com a chuva deixa a sua marca no escoamento superficial e subterrâneo das águas nas bacias hidrográficas, bem como no ciclo dos elementos na natureza.

Os trabalhos sobre deposição úmida no Brasil são escassos, alguns centrados em campanhas de muito curta duração na Amazônia (Paulikevis *et al.* 2002). Não obstante, algumas pesquisas fizeram observações importantes em relação a processos atmosféricos e biogeoquímicos (ARTAXO *et al.* 2005). O presente trabalho

se situa na colaboração com os autores e pesquisas mencionados e se desenvolve no laboratório de estudos sobre deposição úmida da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Amazônia Ocidental, Brasil, existente desde o ano de 2003.

Dentre as descobertas realizadas nas pesquisas sobre química da atmosférica na Amazônia estão: a diferenciação no aporte de aerossóis entre a estação seca e chuvosa; alguns mecanismos mediante os quais os aerossóis, provenientes da queima de biomassa florestal alteram o comportamento físico-químico da atmosfera; a composição geral de gases e particulado biogênico e antropogênico, que se transportam na região; a presença e propriedades dos aerossóis, orgânicos e inorgânicos, que atuam como núcleos de condensação de nuvens, chegando-se a introduzir o conceito de oceano verde em relação ao funcionamento da floresta amazônica durante a época das chuvas; e a influência dos compostos de nitrogênio nas queimadas florestais para a geração das chuvas ácidas na Amazônia (SILVA et al. 2002; ARTAXO et al. 2005). Essas pesquisas continuam com a participação de redes de instituições e de pesquisadores, no marco das quais se insere o presente trabalho. Todas elas são importantes na elucidação do funcionamento da floresta, que sofre alterações a um ritmo que pode estar comprometendo a sustentabilidade, pela interferência do homem na manifestação natural de ciclos biogeoquímicos antes mesmo de serem detalhados (ARTAXO et al., 2002, 2003, 2005; VASCONCELLOS, 1998).<sup>1</sup>

A sazonalidade da poluição do ar no contexto amazônico envolve o dilema do desenvolvimento sustentável, da perda de biomassa florestal por desmatamentos e queimadas (agroindústria, indústria da madeira, pecuária), a pressão pela geração de energia hidráulica e as conseqüências do desequilíbrio ambiental, climático e social na região. A História, a Cultura, a Economia a Sociedade e a Ciência parecem andar juntas sem se enxergar em meio a tanta fumaça.

## **OBJETIVO GERAL**

Contribuir com a continuação dos estudos sobre química da atmosfera na Amazônia.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Atualizar o banco de dados sobre propriedades físico-químicas da água de chuva em Rio Branco, resultado da experimentação *in-situ*.

---

<sup>1</sup> Estudos de deposição úmida no Acre: [http://acrebioclima.pro.br/Dissertacao\\_Eron\\_%2027092007.pdf](http://acrebioclima.pro.br/Dissertacao_Eron_%2027092007.pdf)

3. Integrar informações regionais da Amazônia sobre poluentes e seu transporte.
4. Contribuir com idéias sobre transporte de poluentes na Amazônia e seus impactos sobre o meio ambiente e a população para aplicações em educação e saúde.

## **METODOLOGIA**

### **BASES DA EXPERIMENTAÇÃO**

Nas chuvas estão presentes gases, sais do mar, poeira terrestre e vulcânica, microorganismos, resíduos da fisiologia das plantas e de outros seres vivos, poluição de queimadas de biomassa e de combustíveis fósseis, que se observam em forma de gases e material particulado. A água de chuva traz gases e sólidos dissolvidos, alguns deles entram no mecanismo de formação de nuvens atuando como núcleos de condensação. O arraste dessas substâncias pela chuva constitui a deposição úmida.

A experimentação em deposição úmida tem os seguintes momentos importantes:

- Cada evento de chuva é individual, não repetível e representativo do seu histórico micro-meteorológico e meteorológico, com base na realização do ciclo hidrológico, do ciclo de nutrientes, do contexto natural e antropogênico regional, e de quantas outras ações, variáveis e perturbações influenciam o ritmo do tempo no lugar de ocorrência da precipitação.
- Dai se infere que a amostragem da água de chuva para estudos de deposição úmida deve corresponder com o caráter da individualidade do evento, que se traduz na coleta num dado lugar e num dado momento.
- Desta forma as propriedades físico-químicas das amostras, bem como a identificação dos elementos e substâncias nelas presentes, identificam uma associação entre o evento de chuva e sua deposição úmida.
- Para tanto é imprescindível a garantia do controle de qualidade das amostras o que significa, fundamentalmente, a ausência de contaminação entre sucessivos eventos de chuva.

Esta experimentação é de longo prazo, continuação entre 2006 e 2008 das coletas e análises iniciadas em 2003. O trabalho técnico experimental precisou de capacitação continuada em campo e em laboratório, e da incorporação de hábitos e habilidades, assimilados com base nos anteriores momentos importantes. Ele consistiu em:

- Familiarização no manuseio e manutenção sistemática e periódica do amostrador de chuvas. O manuseio consiste na operação manual e na disposição da opção automática do amostrado.

Durante a operação manual se realiza a troca das duas garrafas plásticas de um litro, nas quais se coleta a água da chuva, por outras duas limpas com água destilada e deionizada. Estas garrafas são usadas somente uma vez. Também se realiza a limpeza minuciosa do funil e de outras partes do amostrador, por onde escorrega a água até a sua captação.

Na opção automática o amostrador fica em funcionamento “atento” para abrir a tampa do funil ao se iniciar uma chuva e para fechá-lo assim que a chuva cessa. Um sensor de chuvas aciona estes procedimentos.

- Familiarização, calibração e utilização do pH-metro e do condutivímetro para a determinação das propriedades físico-químicas de grau de acidez e presença de sólidos dissolvidos na água de chuva. Estas determinações hidroquímicas se derivam das medições de pH e de condutividade elétrica das amostras.
- Organização e atualização do banco de dados com informações sobre pH e condutividade das chuvas, bem como o valor da altura da chuva amostrada.
- Armazenamento e conservação de alíquotas de água de chuva em forma de amostras para análises de composição elementar e de substâncias a serem realizados no Instituto de Física da Universidade de São Paulo como parte da colaboração em rede de pesquisa integrada pelo Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

## **MEIOS DE EXPERIMENTAÇÃO<sup>2</sup>**

Amostrador de chuvas da marca Eigenbrodt NSA 181 / KD.

pH-metro digital portátil Gehaka PG 1400.

pH-metro digital portátil Orion 3-stars.

pH-metro de bancada Novatécnica NT PHM.

Condutivímetro digital portátil Gehaka CG 220.

Condutivímetro digital portátil Novatécnica NT CVP.

Condutivímetro de bancada Novatécnica NT CVM.

## **MEIOS E MÉTODOS AUXILIARES DE MONITORAMENTO**

Meteorologia: mediante medições com pluviômetros, estações convencionais e plataformas de coleta de dados instalados em áreas da Universidade Federal do Acre,

---

<sup>2</sup> Erros das medições de pH e condutividade elétrica, entre 1 e 6 décimos.

Estado do Acre e na Amazônia, no contexto da América do Sul, para a determinação da altura das chuvas, direção e velocidade dos ventos na região.

Fotometria solar: para o acompanhamento da poluição atmosférica regional através de medidas da profundidade óptica de aerossóis a partir da estação AERONET instalada na Universidade Federal do Acre e de outras existentes na Amazônia (Schafer *et al.* 2008)

Imagens de satélites MODIS para a observação de focos de queimadas e emissão de fumaça na atmosfera regional da Amazônia, em particular da Amazônia ocidental e central.

Modelos de transportes de poluentes na Amazônia, desenvolvido pelo INPE e a USP, para visualização da concentração de fumaça regional. Também para a observação de trajetórias inversas de massas de ar a diferentes alturas na observação da relação aparente entre os eventos de deposição úmida e o movimento da poluição do ar levada pelos ventos desde suas fontes, tais como as queimadas florestais.

### **REGISTROS GRÁFICOS RELACIONADOS COM O CONTEXTO E AS EXPERIÊNCIAS**

As Figuras 1-12 constituem uma seqüência visual, que resumem as atividades e o ambiente do monitoramento.



Figura 1. Chegada para a manutenção do amostrador de chuvas.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> A escada é leve, de alumínio, para subir só dois ou três degraus.



Figura 2. Limpeza da parte externa do amostrador de chuvas.



Figura 3. Limpeza do funil.



Figura 4. Na substituição das garrafas plásticas para coletar a água da chuva, no segundo plano, o pluviômetro para medir a altura de cada evento de chuva.



Figura 5. Limpeza de um pluviômetro numa outra área de experimentação.



Figura 6. Determinação do pH e da condutividade elétrica da água de chuva.



Figura 7. Conservação das amostras para posteriores análises de especiação química.



Figura 8. Algumas amostras são congeladas, outras não. No total mais de 290 amostras desde 2003.



Figura 9. Estoque das garrafas para amostragem da água de chuva.



Figura 10. Estoque das garrafas usadas, para posterior reutilização em estudos de hidroquímica de águas fluviais.



Figura 11. Durante a organização dos bancos de dados e informações.

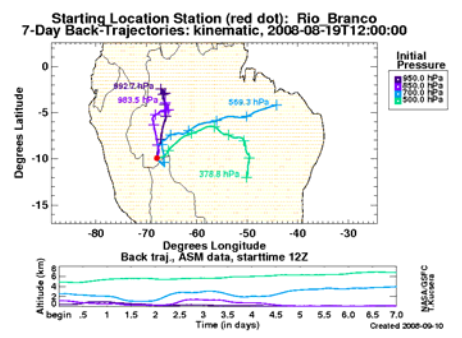
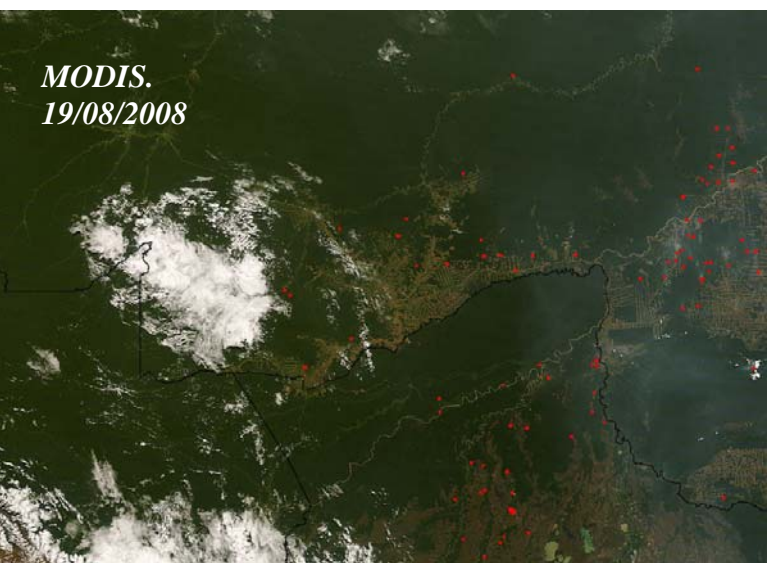
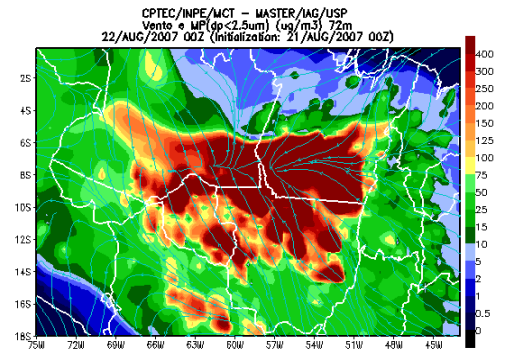
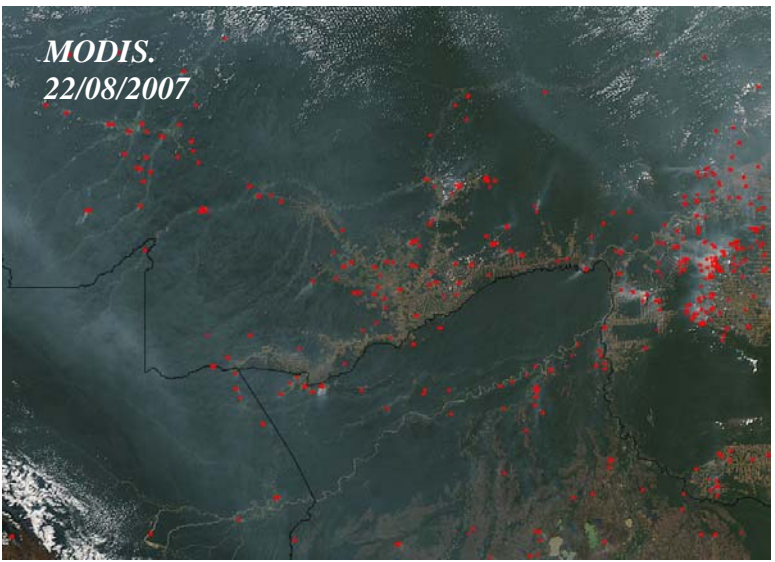
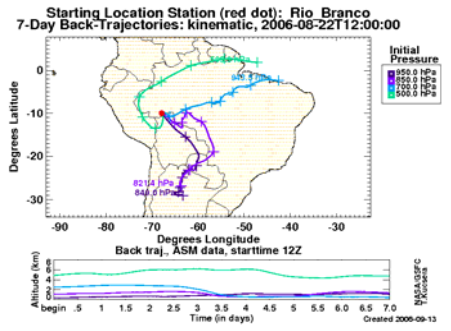
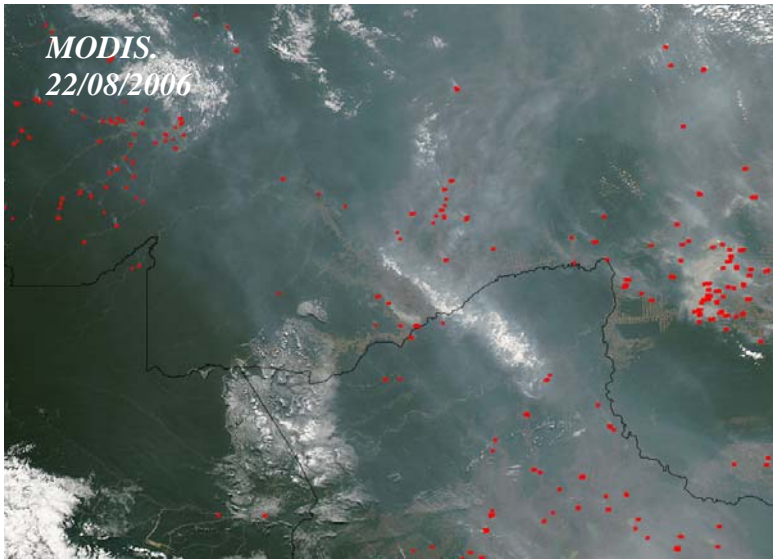


Figura 12. A combinação de imagens de satélite MODIS mostra a sazonalidade anual da poluição do ar devido a queimadas florestais na Amazônia entre 2006 e 2008, a modelagem, feita pelo INPE, do transporte de fumaça e as trajetórias das massas de ar (AERONET) mostram a dispersão das concentrações de fumaça na atmosfera.

## RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Na continuação dos estudos sobre química da atmosfera na Amazônia, em particular no Acre, correspondeu a este trabalho contribuir com a realização do experimento em campo, que envolveu a manutenção física do equipamento coletor da água e a garantia da amostragem representativa de cada evento individual de chuva; a determinação experimental do pH e da condutividade elétrica da água para cada evento de chuva, bem como o armazenamento e conservação das amostras em condições de refrigeração para posteriores análises de especiação química, a serem realizadas mediante a cooperação do Instituto de Física da USP em São Paulo, para onde as amostras são enviadas.

De 2003 a 2006 foram 132 amostras coletadas. Foi feita a caracterização, de todas as amostras acima de um volume mínimo de água coletada, quanto à acidez e ao conteúdo de sólidos dissolvidos, mediante as determinações de pH e de condutividade elétrica. De 2007 a 2008 foram 158 amostras coletadas, igualmente caracterizadas. Aproximadamente 200 amostras estão em conservação na espera das análises de especiação química por cromatografia iônica (IC) e espectrometria de massa e plasma acoplado por indução (ICP-MS). Das primeiras amostras enviadas para essas análises, aproximadamente 100, entre 2003 e 2005, ainda não se receberam os resultados.

### CHUVAS POR DIA NA ÁREA DE COLETA DA DEPOSIÇÃO

Antes de mostrar as tabelas do comportamento das chuvas por dia no período que entre janeiro de 2007 e agosto de 2008, intervalo de interesse desta pesquisa, na

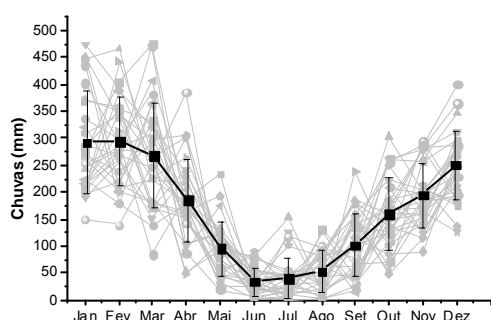


Figura 13 e na Tabela 1 se apresenta, em forma gráfica e numérica, o comportamento climatológico das chuvas no leste do Acre. (Duarte, 2006).

Figura 13. Comportamento sazonal das chuvas no leste do Acre, os valores no gráfico são os da Tabela 1.

Tabela 1. Média e desvio padrão das chuvas por mês no leste do Acre.

Chuvas (mm), climatologia para 1971 - 2000												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	293	301	252	182	93	33	43	50	104	154	204	249
Desvio P	96	80	91	76	52	29	39	34	57	66	63	65

A seguir, nas Tabelas 2 e 3, são mostrados os valores de chuvas por dia, monitorados durante o transcurso desta pesquisa. Significa que os eventos individuais de deposição úmida estudados correspondem com tais chuvas.

Tabela 2.

## *Estação pluviométrica D01 UFAC*

*BR 364, Distrito Industrial, Rio Branco - AC  
Lat: S 9° 57' 14,34" Lon: W 67° 51' 44,70" Alt: 185 m*

### *Chuvas (mm), ano 2007*

	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
<i>1</i>	3,6	22,4	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
<i>2</i>	1,5	10,2	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	4,1	0,0	0,5	2,3	17,8
<i>3</i>	5,8	2,3	1,3	0,0	2,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>4</i>	4,1	0,0	43,7	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
<i>5</i>	0,3	7,1	0,0	6,1	0,3	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	16,3
<i>6</i>	21,8	0,3	3,6	2,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>7</i>	0,0	0,0	2,0	0,5	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,7	4,8
<i>8</i>	23,1	0,0	0,0	9,9	61,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4
<i>9</i>	13,5	0,0	1,8	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
<i>10</i>	34,5	0,0	11,4	3,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	5,6	0,0	7,6
<i>11</i>	0,0	3,8	4,8	4,3	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	15,2
<i>12</i>	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	3,3
<i>13</i>	0,0	0,0	18,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	2,8	0,3
<i>14</i>	32,3	0,3	2,3	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0
<i>15</i>	58,9	8,6	2,5	2,3	0,0	0,3	5,8	0,0	0,0	4,3	2,3	8,9
<i>16</i>	0,3	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	61,7	13,0	0,0	0,8
<i>17</i>	10,7	10,2	14,0	12,7	12,7	41,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	48,3
<i>18</i>	0,8	17,0	4,1	0,0	23,4	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>19</i>	1,3	11,2	0,0	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3	62,2	89,7
<i>20</i>	10,4	10,5	1,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	70,4	0,8	1,0	0,0
<i>21</i>	33,3	6,6	0,0	2,4	0,0	0,0	0,8	0,0	37,1	0,0	35,8	0,0
<i>22</i>	11,9	0,0	11,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
<i>23</i>	0,3	5,3	4,6	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	8,9
<i>24</i>	1,8	35,8	48,3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	3,3	41,9	0,0	0,0
<i>25</i>	7,6	3,5	1,8	4,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	13,7	1,5
<i>26</i>	4,8	0,0	0,0	47,8	0,0	0,5	0,8	0,0	0,0	0,8	0,0	14,0
<i>27</i>	0,3	0,0	37,3	40,1	0,0	0,0	0,0	45,7	0,0	5,8	0,0	0,8
<i>28</i>	0,8	0,0	19,8	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	36,3	29,2	0,3
<i>29</i>	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0
<i>30</i>	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	1,8
<i>31</i>	1,5		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		9,1
	<b>286</b>	<b>199</b>	<b>235</b>	<b>158</b>	<b>129</b>	<b>55</b>	<b>23</b>	<b>51</b>	<b>180</b>	<b>140</b>	<b>186</b>	<b>265</b>

Tabela 3.



## *Estação pluviométrica D01 UFAC*

*BR 364, Distrito Industrial, Rio Branco - AC  
Lat: S 9° 57' 14,34" Lon: W 67° 51' 44,70" Alt: 185 m*

### *Chuvas (mm), ano 2008*

	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
<i>1</i>	21,8	23,9	0,0	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
<i>2</i>	82,6	17,8	21,6	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
<i>3</i>	5,8	46,7	2,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
<i>4</i>	4,3	19,1	33,3	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8		
<i>5</i>	8,4	13,7	0,0	0,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	14,7		
<i>6</i>	1,3	3,8	2,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,5		
<i>7</i>	2,5	3,8	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
<i>8</i>	0,3	0,0	39,6	1,5	1,3	0,0	0,0	28,2				
<i>9</i>	0,0	0,0	1,3	0,5	2,8	0,3	0,0	1,8				
<i>10</i>	18,3	0,0	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0	0,0				
<i>11</i>	41,7	6,1	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0				
<i>12</i>	25,9	0,8	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0				
<i>13</i>	1,3	0,3	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
<i>14</i>	22,6	39,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
<i>15</i>	1,0	0,8	0,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0				
<i>16</i>	0,8	26,7	0,0	10,9	0,3	0,3	0,0	0,0				
<i>17</i>	1,8	3,0	6,1	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0				
<i>18</i>	0,0	1,8	2,5	0,3	1,5	0,0	0,0	0,0				
<i>19</i>	6,1	1,0	0,3	0,0	1,0	0,0	0,0	9,9				
<i>20</i>	6,9	0,3	1,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,3				
<i>21</i>	0,3	40,6	1,5	6,1	0,0	13,2	0,0	0,0				
<i>22</i>	0,0	11,9	0,3	0,3	2,3	0,0	1,0	0,0				
<i>23</i>	41,7	2,5	4,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0				
<i>24</i>	1,0	1,0	23,6	0,0	34,5	0,0	23,4	0,0				
<i>25</i>	62,0	0,0	0,3	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0				
<i>26</i>	0,0	3,0	17,5	11,9	0,0	0,0	0,3	0,0				
<i>27</i>	9,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	1,5				
<i>28</i>	14,0	2,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
<i>29</i>	34,8		15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5				
<i>30</i>	2,3		20,8	0,0	4,1	0,0	65,0	0,0				
<i>31</i>	18,5		1,3		0,0		0,3	0,0				
	<b>437</b>	<b>270</b>	<b>235</b>	<b>143</b>	<b>61</b>	<b>16</b>	<b>90</b>	<b>42</b>				

Geralmente, valores de chuva inferiores a 5 mm não oferecem o volume suficiente para a realização das determinações de pH, de condutividade elétrica e ademais ser distribuído em alíquotas, para outras amostras e análises. Esses eventos são de altura de chuva insuficiente e acontecem como regra na época da seca, de maio a setembro.

Por outro lado eventos extremos de chuvas ou de chuva abundante fazem com que a água derrame das garrafas. Essa observação é importante para a consideração sobre a dissolução dos sólidos na água, mas não invalida a caracterização físico-química da amostra. Tais chuvas podem acontecer normalmente entre novembro e março. Na sua maioria são chuvas intensas, que ocorrem no horário da tarde devido à umidade ambiente e o calor da irradiação solar no verão e a primavera, chuvas convectivas.

Durante a seca os ventos predominantes são do leste e sudeste do Brasil. Chegam até o Acre, com certa frequência, as frentes frias procedentes do sul. Com as queimadas que acontecem precisamente nesta época na Amazônia, aumenta consideravelmente a concentração de fumaça. Tais informações em forma de mapas e imagens são observadas e guardadas em bancos de dados, elas servem para estudos de integração de todas as informações ao respeito.

Outras informações extraídas de medições diretas da presença de poluentes na atmosfera, por exemplo, mediante fotometria solar, dão conta da observação do aumento da poluição durante a seca: o monitoramento da profundidade óptica de aerossóis (AOD), Figura 14, demonstra esse aumento.

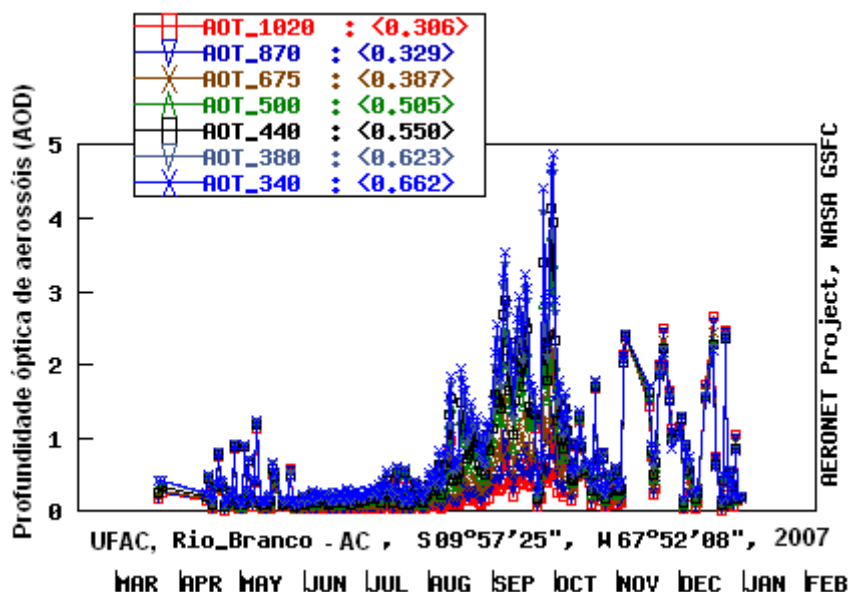
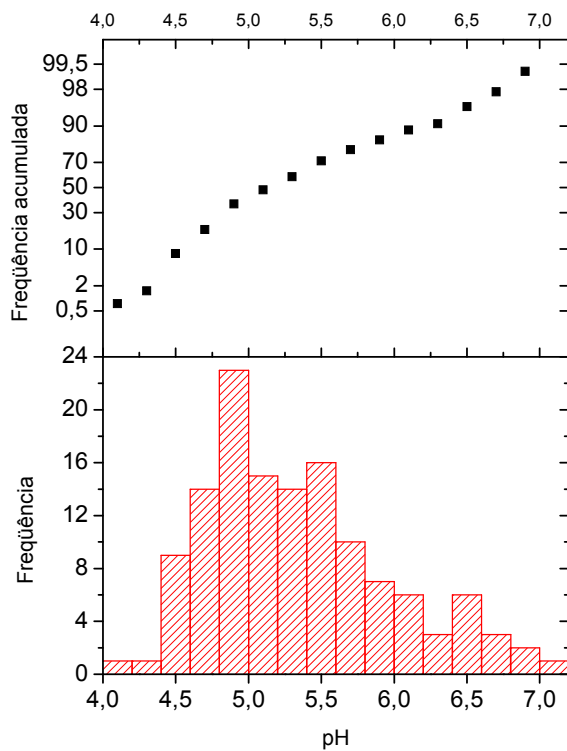


Figura 14. Medidas de profundidade óptica de aerossóis mostram o aumento da poluição do ar no Acre durante a seca, época de queimadas florestais, rurais e urbanas na Amazônia, com isso o conteúdo de sólidos dissolvidos na deposição úmida também aumenta.

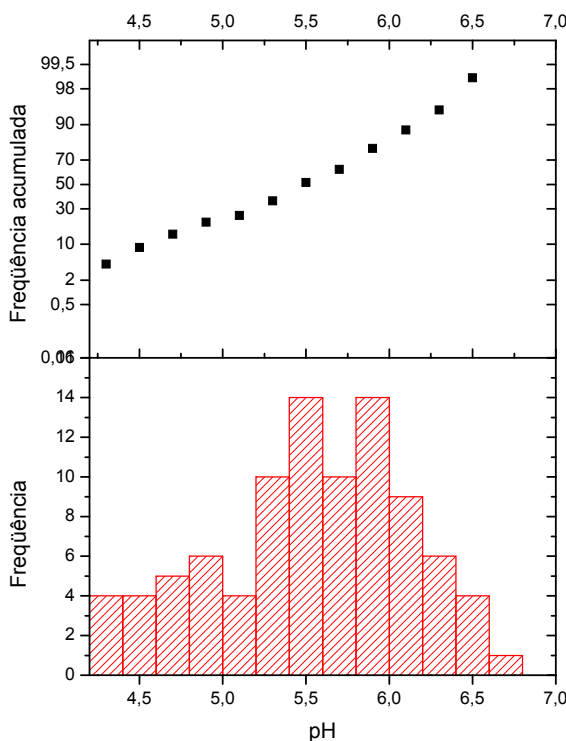
Sabe-se que o impacto da poluição do ar na saúde, os solos e o ambiente em geral é expressivo. A continuação dos estudos sobre deposição úmida no atual sítio experimental possibilitará um banco de dados robusto, além do alcançado, incluindo



dados sobre metais pesados, outros elementos químicos e substâncias, cujos primeiros valores estão por vir.

Quanto aos valores de acidez da água de chuva entre agosto de 2003 e agosto de 2005, a distribuição dos valores de pH por eventos de deposição úmida, apresentados na Figura 15, mostra que a maior freqüência de eventos está entre 4,8 e 5; o que denota certo caráter ácido, mais ainda se considerar que aproximadamente 80% dos eventos de chuva tiveram valores de pH inferiores a 5,6.

Figura 15. Distribuição de freqüência de valores de pH em eventos de chuva, em Rio Branco, entre 2003 e 2005. Aproximadamente 80% dos eventos são de chuva ácida.



Já na Figura 16, a distribuição de valores de freqüências de pH, entre janeiro de 2007 e agosto de 2008, mostra que as maiores repetições de valores aconteceram para pH = 5,5 e pH = 6,0; mesmo assim, em torno de 50% dos eventos são de chuva ácida. Este resultado aparentemente se diferencia do obtido para os anos anteriores, mas se trata grosso modo dos intervalos de monitoramento completos, sem se comparar ainda as estações de chuva e seca de anos diferentes, nem fazer relações com volumes de chuva, sistemas meteorológicos, etc.

Figura 16. Distribuição de freqüência de valores de pH em eventos de chuva, em Rio Branco, entre 2007 e 2008. Aproximadamente 50% dos eventos são de chuva ácida.

Certamente os valores de pH e de condutividade elétrica e suas distribuições dependem de muitas circunstâncias, que deverão ser avaliadas com mais detalhes, mas não deixa de ser interessante o exercício de notar alguns comportamentos dessas variáveis, de maneira muito incipiente. Neste sentido, vale dizer que entre agosto de 2003 e julho de 2008 a acidez da água da chuva oscilou e aumentou em média de 4,9 para 5,4. Isso se observa na Figura 17.

Na mesma Figura 17 são indicados com setas vermelhas alguns momentos do ano em que, aparentemente, os valores da variação do pH são mais baixos; as datas em que tal comportamento ocorreu estão entre outubro e novembro, quando se inicia a estação chuvosa no Acre, após a época das queimadas.

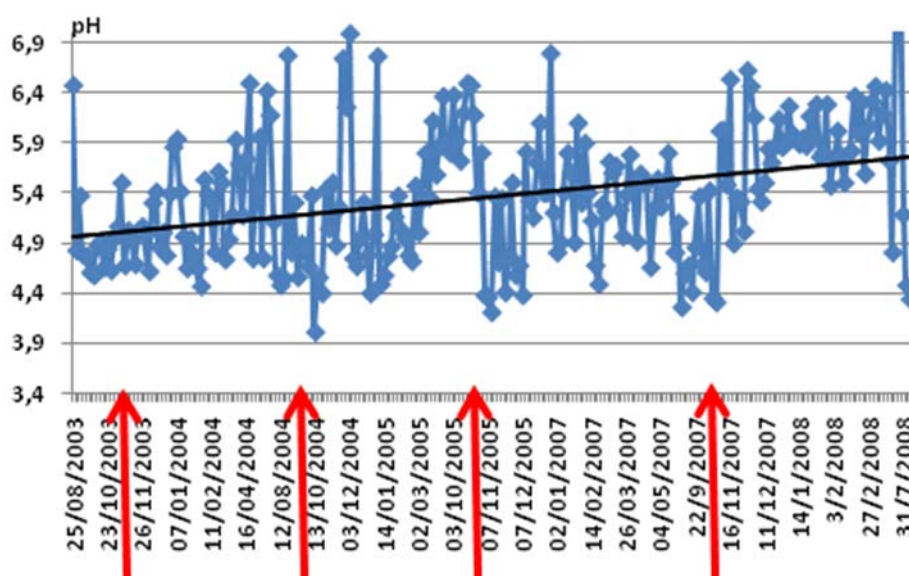


Figura 17. Valores de pH da água da chuva, aparentemente mais baixos entre outubro e novembro dos anos 2003 a 2005. Precisamente ao término da seca (época das queimadas) e início da temporada chuvosa.

A Figura 18 mostra a série de valores de condutividade elétrica (Cond) que expressa a quantidade de sólidos dissolvidos na água da chuva, para o mesmo intervalo de anos considerado anteriormente. A linha de tendência, através da oscilação dos pontos do gráfico mostra uma inclinação contrária à observada na Figura 17, demonstrando que ao tempo em que a acidez foi maior (pH = 4,9) também foi maior a quantidade de sólidos dissolvidos (Cond entre 10 e 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Na mesma Figura 18 são indicados com setas vermelhas alguns momentos do ano em que, aparentemente, os valores da variação da condutividade elétrica são mais altos;

as datas em que tal comportamento ocorreu estão próximas ao mês de outubro, quando se inicia a estação chuvosa no Acre, após a época das queimadas.

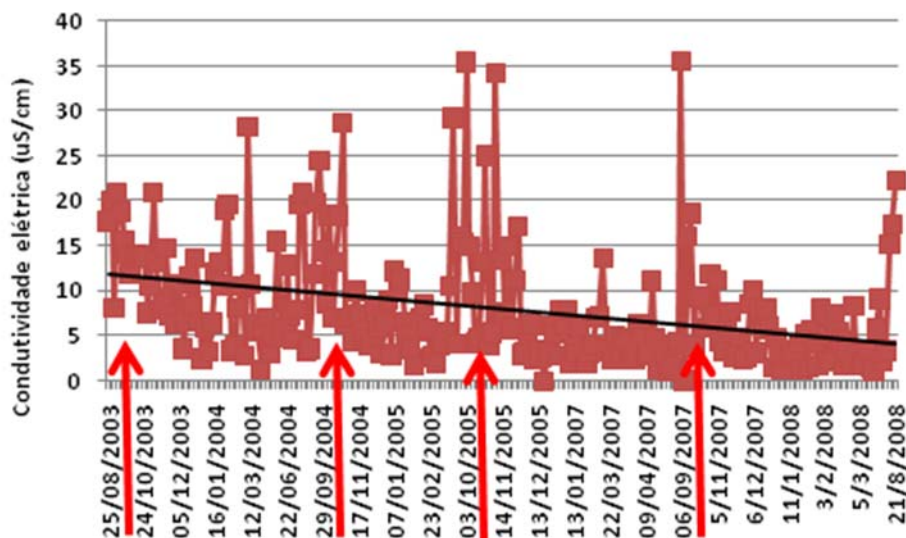


Figura 18. Valores de condutividade elétrica da água da chuva, aparentemente mais baixos próximo ao mês de outubro dos anos 2003 a 2005. Precisamente ao término da seca (época das queimadas) e início da temporada chuvosa.

## CONCLUSÃO

A capacitação derivada do benefício da bolsa de ajuda técnica à pesquisa permitiu além da familiarização com métodos e meios de experimentação em Deposição Úmida, a possibilidade do desenvolvimento de hábitos e habilidades básicos para a organização de dados, busca e leitura de informações e a aproximação interdisciplinar ao conhecimento.

Durante o trabalho foi mantido em ótimas condições de operação o amostrador de chuvas, foi monitorada a altura da chuva e coletados todos os eventos de deposição úmida entre fevereiro de 2007 e agosto de 2008, foram determinados os valores de pH e de condutividade elétrica do conjunto de amostras coletadas, as que também foram condicionadas em ambiente apropriado de temperatura para outras análises.

Por outro lado foi atualizado sistematicamente o banco de dados com valores de pH e de condutividade elétrica, que considerados em conjunto com aqueles dados anteriormente existentes possibilitou realizar uma análise do comportamento dessas variáveis ao longo de quase cinco anos, de 2003 a 2008. A individualidade de cada evento de chuva e a história única de formação das nuvens, estado da atmosfera no momento da precipitação ao longo do percurso de cada gota de água e a sazonalidade da poluição do ar na Amazônia, dentre outras influências, fazem com

que a acidez da água de chuva e seu conteúdo de sólidos dissolvidos se comportem aleatoriamente. Dentro disso certas tendências e particularidades podem ser observadas, como é o caso do aumento da acidez da água da chuva que corresponde ao aumento da dissolução de substâncias na água o que significa uma maior presença de íons de hidrogênio na sua composição. Este efeito pode ser sazonal e poderia estar relacionado com a alternância das estações de seca e chuvosa na Amazônia.

Os estudos em andamento se complementarão na sua parte experimental com a continuação da amostragem da água de chuvas e as análises de especiação química planejadas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao meu orientador Prof. Dr. Alejandro Fonseca Duarte pela oportunidade oferecida.

## **BIBLIOGRAFIA**

ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica*, v.35, n.2, 2005.

ARTAXO, P., et al., Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry seasons in Rondônia, Amazonia. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, v. 107, n. 20 p. 8081 - 8095. 2002.

ARTAXO, P., et al. Dry and wet deposition in Amazonia; from natural biogenic aerosols to biomass burning impacts. in *International Global Atmospheric Chemistry - IGACTivities Newsletter* p. 12-16, 2003.

DUARTE, A. F.; Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 – 2000. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Vol. 21, n.3. 2006; p. 308-317.

PAULIQUEVIS, T. et al. Comparison of Rainwater composition at two sites in Amazonia for dry and wet seasons sites in Amazonia for dry and wet seasons. II Conferencia LBA, Manaus, 2002.

Schafer, J. S., T. F. Eck, B. N. Holben, P. Artaxo, and A. F. Duarte (2008), Characterization of the optical properties of atmospheric aerosols in Amazonia from long-term AERONET monitoring (1993–1995 and 1999–2006), *J. Geophys. Res.*, 113, D04204, doi:10.1029/2007JD009319.

SILVA, D. et al. 2002. Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region, *Journal of Geophysical Research*, 107(D20): 8.072-8.092, doi:10.1029/2001JD000335.

VASCONCELLOS, P. de C. et al. Chemical composition of aerosol collected in the amazon forest. *Quím. Nova.*, São Paulo, v. 21, n. 4, 1998.