



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**FLUXO DE NUTRIENTES EM PRECIPITAÇÃO DIRETA E  
INTERNA NA REGIÃO OESTE PARAENSE**

**ELEN KERCY SIQUEIRA DA CRUZ**

**Santarém, Pará  
Junho, 2017**

**ELEN KERCY SIQUEIRA DA CRUZ**

**FLUXO DE NUTRIENTES EM PRECIPITAÇÃO DIRETA E  
INTERNA NA REGIÃO OESTE PARAENSE**

**ORIENTADOR: DR. RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JUNIOR**

Pesquisador Embrapa Amazônia Oriental

**COORIENTADOR: DR. Troy Patrick Beldini**

Pesquisador UFOPA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós- Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos

**Santarém, Pará  
Junho, 2017**

## DEDICATÓRIA

A todos da minha família em especial a minha mãe em que sua forma de vida é de inspiração e seu imenso suporte é essencial para as minhas realizações.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente por tornar tudo possível.

Aos meus pais Risonete e Valdemar pela extrema paciência e suporte perante meus estudos.

Aos meus avôs e avós, que com suas experiências de vida me guiam.

A minha tia Sandra Pantoja e avó Daria Pantoja que não se encontram mais presentes na terra, no entanto continuam sendo de extrema inspiração.

Aos meus professores que foram verdadeiros mestres e me deram bases científicas.

Aos meus amigos adquiridos na graduação no CEULS/ULBRA

Agradecimento em especial para a Alessandra Damasceno, pois seus ensinamentos sobre técnicas de laboratórios e dicas em gerais sobre a pesquisa científica me foram de enorme ajuda para realização desse estudo.

A turma de 2015 do PPGRNA em especial as discentes Leuzimar Santos, Ivanny Coelho, Bruna Martins e Carla Walfredo em que espero levar essas amizades por muito tempo.

Ao coorientador professor Troy Patrick Beldini pelo os ensinamentos e grande auxílio na elaboração desse trabalho.

Ao meu orientador Raimundo Cosme de Oliveira Junior que agradeço pela confiança e orientação.

Agradeço também ao Seu Chico e ao Cleuton pela grande ajuda na fase de coleta e instalação dos coletores.

A Universidade Federal do Oeste do Pará por proporcionar a realização da pós graduação.

E a todos que de alguma forma me apoiaram perante as minhas realizações.

CRUZ, Elen Kericy Siqueira da. **Fluxo de nutrientes em precipitação direta e interna na região Oeste Paraense**. 2017. 60 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2017.

## RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi contribuir com o conhecimento de um dos componentes de influência na sustentabilidade de um ecossistema florestal: a deposição de nutrientes via precipitação. Verificou-se os aportes dos nutrientes: potássio ( $K^+$ ), fósforo (P), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), ferro ( $Fe^{2+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), cobre ( $Cu^{2+}$ ) e zinco ( $Zn^{2+}$ ) via precipitação em duas parcelas florestais (precipitação interna) e em duas parcelas de campos abertos (precipitação direta) no intuito de averiguar a influência nesta deposição pelas intensas práticas agrícolas próximas da FLONA Tapajós. A amostragem foi realizada no município de Belterra/PA, região do planalto da FLONA Tapajós, em dois pontos (km 67 e 126). No sítio km 67 a precipitação interna foi coletada na borda e na área interna da floresta a amostragem foi realizada em um transecto começando na borda entre a FLONA e a rodovia Santarém/Cuiabá e adentrando na FLONA, uma distância de 100 m. A precipitação direta foi amostrada em áreas abertas no entorno da FLONA nos dois pontos de coletas da precipitação interna. O sítio do km 67 encontra-se na zona de influência de intensas atividades agrícolas, enquanto o km 126 possui no entorno comunidade pertencente a assentamento caracterizado por apresentar atividades de agricultura familiar, servindo como um controle, ou seja, área fora da zona de influência de atividades agrícolas. As coletas foram realizadas em duas fases: a primeira ocorreu no interior do sítio km 67 da FLONA Tapajós para essa amostragem foram utilizados 25 coletores a um intervalo de 10 x 10 m no período de abril/2003 a março/2006 semanalmente. A segunda fase foi realizada mensalmente entre abril/2016 e dezembro/2016 para a precipitação direta e de borda, a amostragem foi feita tanto no transecto dentro da FLONA quanto na área aberta fora da FLONA na margem da rodovia. Para a amostragem feita no transecto dentro da FLONA foi utilizado 06 coletores/parcela e para a precipitação em campo aberto 04 coletores/parcela. Os coletores da floresta foram instalados a cada 10 m de distância cada um a partir da borda em direção ao interior da floresta e os do campo aberto inseridos em grupos as margens da área do entorno dos respectivos pontos das parcelas florestais. O mesmo esquema de amostragem foi empregado no sítio do km 126. O fluxo de  $K^+$  na borda do sítio 67 foi maior que no interior da FLONA na borda controle e na precipitação direta. A borda 67 também mostrou maior deposição de P em relação a borda controle e a precipitação direta, o que sugere que os fluxos de potássio e fósforo foram propensos a influências de atividades agrícolas do entorno. A precipitação interna mostrou-se uma importante via de entrada para os macronutrientes principalmente o potássio.

**Palavras-chave:** ecossistema florestal; atividades agrícolas; FLONA Tapajós.

## ABSTRACT

The objective of this research was to contribute with the knowledge of one of the components of influence on the sustainability of a forest ecosystem : the deposition of nutrients in rainwater. The nutrients inputs potassium ( $K^+$ ), phosphorus (P), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), calcium ( $Ca^{2+}$ ), iron ( $Fe^{2+}$ ), aluminum ( $Al^{3+}$ ), copper ( $Cu^{2+}$ ) and zinc ( $Zn^{2+}$ ) were observed in rain in two forest plots (throughfall) and in two plots of open fields (rainfall) , in order to verify the influence in this deposition by intense agricultural practices near FLONA Tapajós. Sampling was carried out the municipality of Belterra-Pará, in the FLONA Tapajós two points (km's 67 and 126). In each of these points the throughfall was samples in a transect, starting at the border between FLONA and the Santarém-Cuiabá highway and entering FLONA, a distance of 100 m. Rainfall was samples in open areas around the FLONA, at the two collection points of the throughfall. The site of the km 67 is in the zone of influence of the intense agricultural activities while the km 126 owns to the surrounding community belonging to settlement characterized by activities of familiar agriculture, serving as a controller, that is, area outside the zone of influence of agricultural activities. The collections were carried out in two bases in throughfall area of km 67 of FLONA Tapajós, 25 collectors were used in a range of 10x10m from April/2003 to March/2006, weekly. In the second pause, performed monthly between April 2016 and December 2016, sampling was done both on the transect within the FLONA using 06 collectors/plot, and for the rainfall 4 collectors/plot were used. The forest collectors were installed every 10m distance for each from the edge towards the inside of the forest and those of the open field inserted into groups the edges of the area around the respective points of the forest plots. The same sampling scheme was used in the km 126 site. The  $K^+$  flux at the site border 67 was greater than FLONA inside, at the control border and in rainfall. Edge 67 also showed higher P deposition relative to the control border and rainfall. Suggesting that potassium and phosphorus flows are prone to influences from surrounding agricultural activities. Throughfall proved to be an important route of input for nutrients, mainly potassium.

**Keywords:** Forest ecosystem; agricultural activities; FLONA Tapajós.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Precipitação direta e interna .....	11
1.1.2 Fatores de interferência na composição química da precipitação .....	11
1.1.3 Deposição seca e úmida.....	12
1.1.4 Nutrientes via precipitação .....	13
1.1.5 Aerossóis na Amazônia .....	14
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2. 2 Objetivo Específico .....</b>	<b>16</b>
<b>DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES VIA PRECIPITAÇÃO DIRETA E INTERNA, BELTERRA - PA * .....</b>	<b>22</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Localização e caracterização da área de estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Município de Belterra .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 FLONA Tapajós .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Coleta de dados .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Dados utilizados .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Análises Químicas.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.1 Potássio (<math>K^+</math>).....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.2 Fósforo (P).....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.3 Magnésio (<math>Mg^{2+}</math>) .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.4 Cálcio (<math>Ca^{2+}</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.5 Ferro (<math>Fe^{2+}</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.6 Alumínio (<math>Al^{3+}</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.7 Cobre (<math>Cu^{2+}</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.8 Zinco (<math>Zn^{2+}</math>).....</b>	<b>28</b>
<b>2.7 Análises de dados.....</b>	<b>29</b>
<b>2.8 Análises estatísticas .....</b>	<b>30</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>

<b>3.1 Deposições de nutrientes .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 Enriquecimento.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Comportamento dos nutrientes em precipitação direta e interna .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Fluxo de nutrientes bordas / campo aberto.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 Deposições de componentes químicos no fragmento florestal (borda/interior) .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6 Interações entre os nutrientes.....</b>	<b>40</b>
<b>3.7 pH.....</b>	<b>36</b>
<b>3.8 Volume e interceptação .....</b>	<b>43</b>
<b>3.9 Deposição de nutrientes e volume de precipitação .....</b>	<b>47</b>
<b>4. DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Deposição do potássio .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 Deposição de fósforo .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3 Deposição de nutrientes.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 Influência sob deposição de precipitação .....</b>	<b>52</b>
<b>4.5 Efeito estacional .....</b>	<b>52</b>
<b>4.6 Interceptação e volume .....</b>	<b>53</b>
<b>4.7 pH.....</b>	<b>53</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudo município de Belterra e a FLONA Tapajós. PI (precipitação interna) e PD (precipitação direta). .....	24
<b>Figura 2.</b> a) Fotômetro .....	27
<b>Figura 3.</b> Demonstração das cores resultantes das reações dos reagentes para abstrair a concentração de moléculas de $Mg^{2+}$ .....	29
<b>Figura 4.</b> Deposição na borda km 67 e campo aberto. Os pontos centrais representam as médias e as barras intervalos de confiança 95% .....	37
<b>Figura 5.</b> Comparação de fluxo dos nutrientes entre as bordas e os campos abertos. Pontos central denota a média e as barras intervalo de confiança (95%) .....	38
<b>Figura 6.</b> Comparação do fluxo de $K^+$ na área de borda e interna da floresta. Pontos centrais denotam as médias e as barras intervalos de confiança 95%. .....	39
<b>Figura 7.</b> Índice de pH da área de borda e interna km 67. O box representa o erro padrão e as suíças o máximo e o mínimo. ....	43
<b>Figura 8.</b> Volume mensal de precipitação direta, precipitação borda 67 e borda 126, as barras denotam o erro padrão de cada precipitação. ....	44
<b>Figura 9.</b> Precipitação de bordas e direta em períodos chuvosos (abr-jun) e secos (jul-dez)..	45
<b>Figura 10.</b> Regressão linear entre o $K^+$ e volume de precipitação borda 126. ....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Média $\pm$ erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação interna na borda 67 entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado. ....	31
<b>Tabela 2.</b> Média $\pm$ erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação interna na borda 126 entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado. ....	32
<b>Tabela 3.</b> Média $\pm$ erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação direta entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado. ....	33
<b>Tabela 4:</b> Média e erro padrão de nutrientes e pH no período de abril/2003 a março/2006 extraído de Oliveira Junior et al. (2015) adaptado pelo autor. ....	34
<b>Tabela 5.</b> Coeficiente de variância (%) dos aportes de nutrientes em função dos períodos de chuva, transição e seca. ....	35
<b>Tabela 6.</b> Matriz de correlação de Pearson entre os nutrientes, pH e o volume de precipitação (V) da borda 67. ....	40
<b>Tabela 7.</b> Matriz de correlação de Pearson entre os nutrientes, pH e o volume de precipitação (V) da borda 126. ....	40
<b>Tabela 8.</b> Fontes de influência nos fluxos de nutrientes FLONA Tapajós borda km 67. ....	41
<b>Tabela 9.</b> Componentes de influência dos fluxos de nutrientes FLONA Tapajós borda km 126. (NI) = Não identificado. ....	42
<b>Tabela 10.</b> Análise descritiva do pH na precipitação de borda 67 (PB67), borda 126 (PB126) e precipitação direta (PD). ....	42
<b>Tabela 11.</b> Análise descritiva de volume de precipitação. ....	44
<b>Tabela 12.</b> Parâmetros da análise de regressão linear entre a precipitação direta (PD) com a precipitação de borda 67 (PB67) e borda 126 (PB126). ....	45
<b>Tabela 13.</b> Correlação do volume de precipitação interna e direta com a taxa de interceptação de chuvas da floresta. ....	46
<b>Tabela 14.</b> Análise descritiva do índice de interceptação (I) borda 67 e borda 126. ....	46
<b>Tabela 15.</b> Deposição de nutrientes ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em diferentes biomas. ....	51

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes é crucial para o pleno funcionamento de um ecossistema (SOUZA; MARQUES, 2010).

A ciclagem de nutrientes em áreas florestais tropicais envolve diferentes formas de entradas e saídas de elementos (OZIEGBE et al., 2011). Sendo que as principais vias de entradas são por decomposição da liteira, o intemperismo do solo e a precipitação (LUIZÃO, 2007).

O ciclo irregular de algum elemento essencial em ecossistemas tropicais pode acarretar em um impacto intenso, tendo em vista, que se trata de um meio natural que apresenta geralmente solos ácidos e baixa reserva de nutrientes (CHANG et al., 2017).

O enriquecimento de nutrientes por lixiviação do dossel parte do pressuposto que as folhas e os galhos das árvores são fontes de elementos essenciais, pois, esses fazem parte do metabolismo vegetal. Mesmo que esses compartimentos componham uma pequena fração da biomassa total da árvore eles apresentam teores significativos de nutrientes como N, P, K e Ca (PRESCOTT, 2002).

A dinâmica dos nutrientes é diretamente influenciada pelas chuvas que ao escorrer entre as folhas e ramos geralmente são enriquecidas por nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio alterando a composição química do líquido que alcança o piso florestal (SOUZA; MARQUES, 2010; DINIZ et al., 2013).

A intervenção na composição química da precipitação também pode ser ocasionada antes do escoamento do dossel arbóreo. Pode ser por via natural como a própria composição das chuvas como o acaso da evaporação das águas dos oceanos que geralmente carregam elementos como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_2^2$  (WANG et al., 2016).

Levando em consideração que cada processo de formação de chuvas diverge de uma região a outra por características edafoclimáticas, o teor de concentração já presente nas chuvas precipitadas difere entre ecossistemas (LORENZON et al., 2013).

No entanto, a grande influencia química das chuvas vem de partículas suspensas no ar que movem-se de acordo com a direção dos ventos, podendo continuar suspensas na atmosfera ou serem transportadas e depositadas na superfície vegetal. Em ambos os casos esse material é propenso a interferência na composição de precipitação (SOUZA; MARQUES, 2010).

Partículas advindas de processos naturais como poeira deslocada por ventos (LUIZÃO, 2007), também de atividades antrópicas como combustão de biomassa e atividades agrícolas (CONCEIÇÃO et al., 2011).

## 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1.1 Precipitação direta e interna

A precipitação pluviométrica ou a chuva corresponde a toda água vinda da atmosfera que atinge a superfície terrestre abastecendo rios, mares e oceanos (OLIVEIRA JUNIOR; DIAS, 2005). A água que cai diretamente no solo é chamada de precipitação direta (PD) enquanto que a precipitação interna (PI) é a água que escorre pelas copas (SHINZATO et al., 2011).

A precipitação interceptada pelo dossel fica retida na parede vegetal e o restante do líquido escorre entre as folhas e os galhos das árvores formando-se a precipitação interna (*throughfall*) (TOBÓN et al., 2004).

A chuva ao escorrer lixivia elementos para o solo exercendo uma importante via de entrada de nutrientes (MADSEN et al., 2012). Essa água interna é enriquecida pelo arraste de material acumulado nas estruturas vegetativas oriundos do próprio metabolismo e de partículas depositadas na superfície (LUIZÃO, 2007).

A intemperização de solo também é uma fonte de elementos, no entanto em ambientes tropicais a rocha matriz do solo apresenta baixa reserva de elementos essenciais e por isso a via por precipitação pode ocupar a principal via de entrada para alguns nutrientes (MADSEN et al., 2012).

Entre os fluxos direto e interno existem diferenças na composição química, pois o PI tende a dispor de maiores teores de nutrientes como o potássio e o magnésio (LUIZÃO, 2007; SKEFFINGTON; HILL., 2012).

Entretanto, a precipitação direta também fornece elementos aos ecossistemas pela composição das chuvas e por lavagem atmosférica (SHEER, 2009).

Ambos os fluxos contribuem expressivamente no equilíbrio dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos especialmente em áreas florestais de grande porte (OLIVEIRA et al., 2008).

### 1.1.2 Fatores de interferência na composição química da precipitação

A composição química da precipitação é interferida diretamente pela dinâmica dos sistemas hidrológico e biogeoquímico notadamente os fatores associados aos processos que envolvem ciclagem de nutrientes (CARNOL; BAZGIR, 2013).

Uma importante via de entrada de elementos no *throughfall* conforme Oliveira et al. (2015) é a deposição atmosférica que possui como principais fontes de influência os sais

marinhos e material oriundo de: poeira do solo, operações de mineração, agricultura intensiva, combustão e processos industriais (CONCEIÇÃO et al., 2011).

A deposição atmosférica ocorre quando partículas e aerossóis ficam suspensas no ar propensas ao arraste por chuvas (ADRIANENSSENS et al. 2012). Essas partículas suspensas na atmosfera são na forma de gases ou aerossóis seco (ARTAXO et al., 2014).

O transporte de partículas de aerossóis influencia diretamente a composição química de chuvas, sobretudo de elementos essenciais como fósforo, cálcio e enxofre, dentre outros, além de atuar na formação de nuvens incorporando elementos nas gotículas nuvens (ARTAXO et al., 2014).

Características como a composição arbórea, o nível das chuvas, a fertilidade do solo, a altitude e a longitudes podem influenciar a composição química de chuvas (SCHEER, 2009).

Tavares et al., (2012) observou que na época chuvosa há uma maior abundância de aerossóis biogênicos provindos de partículas microbianas, fragmentos de plantas e húmus. Como o K é abundante em vegetais essas partículas podem explicar em parte a taxa elevada da deposição em período de chuva ser maior que em outras estações.

Em suma aspectos da floresta como o formato vegetal, área foliar e estrutura da casca arbustiva são atuante na composição das chuvas interceptadas (LORENZON et al., 2013). E em casos que a dinâmica de passagem da água das chuvas são influenciadas por idade da floresta e época do ano. (MALEK; ASTEL, 2008).

De acordo (ADRIANENSSENS et al., 2012) com o fator de maior contribuição para a qualidade do throughfall é o processo de deposição seca (DS) nas folhas.

### **1.1.3 Deposição seca e úmida**

A deposição seca ocorre quando as partículas suspensas na atmosfera são depositadas nas superfícies sem a presença de chuvas e a deposição úmida (DU) acontece quando a deposição ocorre por influência direta da precipitação (RODRIGUES et al., 2007).

No processo de DS o material depositado gravitacionalmente no dossel florestal é lixiviado para o solo juntamente com material liberado do próprio tecido vegetativo (SCHEER, 2009).

A DS é um fator de grande influência na composição química da precipitação, pois compostos são normalmente liberados em atividades próximas permitindo que a qualidade da precipitação seja propensa a influências de seu entorno. A atividade humana na floresta ou em

áreas próximas provoca alterações diretamente nos fluxos de stemflow e throughfall (AGUILLAUME et al, 2016).

Pelicho et al., (2006) indica que as atividades agrícolas, combustão de biomassa e combustíveis fósseis são as fontes principais de deposição seca.

A queima de biomassa na região Amazônica é responsável por ser um grande emissor de íons principalmente no período de baixa pluviosidade em que ocorrem as queimadas de maneira mais intensa (ARTAXO et al., 2014).

Já a deposição úmida ocorre no momento que as chuvas arrastam os aerossóis antes da retenção da superfície (RODRIGUES et al., 2007). Materiais vindos de spray marinhos, poeiras de solos e atividades antropogênicas são produtos para o processo (ARTAXO et al., 2006).

Esse procedimento de deposição antes da interceptação pode transcorrer sobre duas formas: a primeira conhecida como *Rainout* e a segunda como *Washout*. A *Rainout* é quando as partículas atmosféricas associam-se com as nuvens e o *Washout* ocorre na ocasião que os elementos químicos são arrastados ainda suspensos na atmosfera por precipitação (CONCEIÇÃO et al., 2011).

A contribuição de partículas por DU sob as árvores é expressiva principalmente para a entrada atmosférica total de cátions de base (BALESTRINI et al., 2007).

#### **1.1.4 Nutrientes via precipitação**

A deposição irregular de elementos essenciais em ecossistemas tropicais pode provocar um efeito intenso na nutrição dos vegetais. Ambientes tropicais geralmente apresentam solos ácidos e baixa reserva de nutriente (CALLEGARO et al., 2015).

Uma vez que, a composição química da solução do solo transforma-se de acordo com a infiltração de água (MARQUES et al., 2015). A composição química das chuvas se tornam importantes para a manutenção dos ciclos de nutrientes.

O desequilíbrio de concentração dos elementos especialmente os que fazem parte do grupo de metais pesados interfere na sustentação de um ecossistema (IMPERATO et al., 2003). Como o caso do cobre, zinco e alumínio que são elementos essenciais a vida, no entanto se tornam tóxicos em quantidades inadequadas (MARTINS et al., 2011).

O acúmulo de metais pesados no solo pode ocasionar um efeito tóxico principalmente nos microrganismos reduzindo a decomposição da matéria orgânica e consequentemente diminuindo a disponibilidade de nutrientes (AGUILLAUME et al, 2016).

A suspensão de íons de alumínio é referentes à queima de combustíveis, atividades industriais e a manutenção dos solos (IMPERATO et al., 2003).

A disparidade do alumínio na floresta pode transferir para o lençol freático e para nascentes ou outra forma de presença de água acarretando em graves problemas ecológicos. Em razão que os elementos reagem com íons alcalinos fazendo com que as águas fiquem propensas a acidez (MARTINS et al., 2011).

A projeção de potássio é ocasionada, sobretudo por ação do homem como a queima de biomassa técnica muita usada na agricultura da região. Também é um dos elementos de maior capacidade de aporte por lixiviação de precipitação na superfície das árvores por ser íon de grande mobilidade (DEZZEO; CHACON, 2006).

Lixiviação foliar de nutrientes é importante também em relação acidez da água no ecossistema florestal (HOUBAO et al. 1999).

Outra contribuição importante sobre o throughfall ocorre quando a precipitação ácida ao atravessar o dossel entra em contato com resquícios de poeiras calcárias por troca catiônica interferindo no índice de acidez (BAÜMLER; ZECK, 1997).

A verificação da composição química de throughfall além de outros indicadores pode oferecer uma estimativa da deposição total de nutrientes no solo.

### **1.1.5 Aerossóis na Amazônia**

Os aerossóis na Amazônia são expressivamente atuantes na formação de gotículas e de gelo nas nuvens. Além de fazer parte de variados e complexos processos relacionados ao clima. No ciclo biogeoquímico operam no transporte eficaz de nutriente função importante para a sustentação de uma floresta (ARANA; ARTAXO et al., 2014).

Dentre os vários processos de remoção de aerossol a precipitação representa um dissipador relevante da camada atmosférica da amazônica, sendo por retirada de partículas abaixo das nuvens, ou seja, pela própria ativação dos aerossóis nas gotículas de nuvens e consequentemente sua remoção quando na formação de chuvas (WANG et al., 2016).

Os aerossóis também exercem função importante principalmente em processo de radiação solar, na formação de nuvens e na qualidade química da precipitação (ARTAXO et al., 2014).

As fontes naturais de emissões na Amazônia são provenientes de poeira do solo e transporte de aerossol marinho. Além disso, em período chuvoso acontece um aporte de material vindos do deserto do Saara que é uma fonte significativa de P e micronutrientes para a

floresta amazônica, visto que as florestas tropicais apresentam solos com baixa reserva de nutrientes (BEN-AMI, et al., 2010; OKIN, et al., 2004).

A concentração de aerossóis na Amazônia em condições naturais é baixa na atmosfera e em período chuvoso os particulados diminuem (PAULIQUEVIS JUNIOR et al., 2007).

A influência de atividades humanas no lançamento de aerossol na atmosfera da região amazônica é largamente por ocorrência de queimadas que são realizadas em alta escala nas áreas desmatadas (PAULIQUEVIS JUNIOR et al., 2007).

Devido a intensa prática as queimadas para a região Amazônicas são importantes como fonte de aerossóis (FREITAS et al., 2015).

A queima da biomassa pode partir de fontes antrópica ou naturais e as reações químicas resultantes da queima da matéria orgânica ocasionam além de várias espécies químicas as partículas de aerossóis suspensas na atmosfera (ARANA; ARTAXO, 2014)..

Em países em desenvolvimento econômico essa prática ocorre em quantidade maior, posicionando esses lugares no posto de maiores emissores de aerossóis por essa forma (COSTA; PAULIQUEVIS 2009).

As emissões para localidades distantes das fontes afetam a dinâmica de elementos tanto por deposição seca quanto por úmida (FREITAS, et al., 2005).

Além que, as propagações por queimadas podem ocasionar a perda de elementos essenciais para ecossistemas vizinhos por transporte de ventos (ARANA; ARTAXO, 2014).

Os aerossóis possuem um tempo de permanência na atmosfera relativamente curto que pode possuir duração de no máximo algumas semanas. A ocorrência da remoção é dependente ao fator tamanho (ARANA; ARTAXO, 2014).

Visto que, quando as partículas de magnitudes grossas a deposição gravitacional é suma importância. Já para as partículas finas o transporte por ventos são mais eficazes. As partículas são propensas a serem transportadas a uma grande distância de onde foram originalmente emitidas (FREITAS et al., 2005).

A retirada das partículas fina ocorre principalmente por deposição úmida, quando as chuvas arrastam diretamente os aerossóis suspensos em atmosfera ou quando as partículas interagem diretamente com as nuvens nucleando com as gotículas de chuvas (ARTAXO et al., 2014).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Verificar a deposição de nutrientes em precipitação direta e interna na região Oeste Paraense.

### **2.2 Objetivo Específico**

- ✓ Aferir a deposição total dos nutrientes em precipitação interna e direta;
- ✓ Verificar a relação do aporte de nutrientes entre precipitação de borda e da área interna florestal;
- ✓ Averiguar as interações entre os nutrientes;
- ✓ Verificar a sazonalidade dos fluxos de nutrientes;
- ✓ Estimar possíveis fontes de influência.

## BIBLIOGRAFIA

- ADRIANENSSENS, S. HANSEN, K., STAELENS, J., WUYTS, K. BAETEN, A. S. L., BOECKX, P., SAMSON., R. VERHEYEN, K.. Throughfall deposition and canopy exchange processes along a vertical gradient within the canopy of beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). **Science of the Total Environment**. v. 420. p. 168-182. 2012.
- AGUILLAUME, L.; RODRIGO, A.; AVILA, A. Long-term effects of changing atmospheric pollution on throughfall, bulk deposition and streamwaters in a Mediterranean forest. **Science of the Total Environment**. v. 544, p-919-928. 2016.
- ARANA, A.; ARTAXO, P. Composição elementar do aerossol atmosférico na região central da Bacia Amazônica. **Quím. Nova**. v. 37, n.2. 2014.
- ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F.; CUNHA, H. B.; QUESADA, C.A.N. MARENGO, J.A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Cienc. Cult**. v. 66, n.3. 2014.
- ARTAXO,P. OLIVEIRA, P. H.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.21, n.3, p.168-22. 2006.
- BALESTRINI, R ARISCI, S.; BRIZZIO, M. C.; MOSSELO, R. Dry deposition of particles and canopy exchange: Comparison of wet, bulk and throughfall deposition at five forest sites in Italy. **Revista Atmospheric Environment** v. 41, p.745–756, 2007.
- BAUMLER, R.; ZECH, W. Atmospheric deposition and impact of forest thinning on the throughfall of mountain forest ecosystems in the Bavarian Alps. **Forest Ecology and Management**. v. 95, p. 243-251. 1997.
- BEN-AMI, Y.; KOREN, I.; RUDICH, Y.; ARTAXO, P.; MARTIN, S. T.; ANDREAE, M.O. Transport of North African dust from the Bodélé depression to the Amazon Basin: a case study. *Chem. Phys. Discuss.* v. 10, p. 4345–4372, 2010.
- CALLEGARO, R. M. Andrzejewski, R.; GOMES, D. R.; Turchetto, F.; MEZZOMO, J. C.; GRIEBELER, A. Efeitos da chuva ácida em recursos florestais. **Caderno de Pesquisa série biologia.**, v. 27, p. 13-20. 2015.
- CARNOL. M.; BAZGIR, M. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **rev. Forest Ecology and Management**. v. 309. p. 66-75. 2013.

- CHANG, C-T. WANG, L.J.; HUANG, J. C.; LIU, C-P.; LIN, N. H.; WANG, L.; LIN, T, C., Precipitation controls on nutrient budgets in subtropical and tropical forests and the implications under changing climate. **rev. Advances in Water Resources**. vol. 103. p. 44-50. 2017.
- CONCEIÇÃO, T.; SARDINHA, D.S.; NAVARRO, G. R. B.; ANTUNES, M. L. P.; ANGELUCCI, V. A. Rainwater chemical composition and annual atmospheric deposition at Alto Sorocaba basin (SP). **Quím. Nova**. vol. 34 no.4 São Paulo 2011
- COSTA, A. A.; PAULIQUEVIS, T. Aerossóis, nuvens e clima: resultados do experimento LBA para o estudo de aerossóis e microfísica de nuvens. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.42, p. 234-253.2009.
- DEZZEO, N. CHACON, N.; Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall, and stemflow in adjacent primary and secondary forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. *Forest Ecology and Management*. v. 234, p. 218–226. 2006.
- DINIZ, A. R., PEREIRA, M. G., BALIEIRO, F. C., MACHADO, D. L. MENEZES, C. E. Precipitação e aporte de Nutrientes em diferentes estágio sucessionais de floresta atlântica, Pinheiral - RJ. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 389-399. 2013.
- FREITAS, S. R. LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**. v. 19, n. 53. 2005.
- HOUBAO, F. WEI, H., ZHUANG, M. KOSUKE W. Acidity and chemistry of bulk precipitation, throughfall and stemflow in a Chinese fir plantation in Fujian, China. **Forest Ecology and Management**, v. 122, p. 243–248, 1999.
- IMPERATO, M. ADAMO, P.; NAIMO, D.; ARIENZO, M.; STANZIONE, D.; VIOLANTE, P. Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). **Environmental Pollution**, v. 124, p. 247–256, 2003.
- LORENZON, A.S. DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G.; Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, p. 619–628, 2013.
- LUIZÃO, F. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, p. 1–6, 2007.
- MADSEN. H.B.; LYNGSIE, G; AWADZI, T. W.; Sediment and nutrient deposition in Lake Volta in Ghana due to Harmattan dust. **rev. Catena**. v 98. p. 99-105. 2012.
- MALEK, S. ASTEL, A. Throughfall chemistry in a spruce chronosequence in southern Poland. **Revista Environmental Pollution** . v. 155, p. 517-527. 2008.

MARQUES, R.; PIAZZA G. E.; BLUM, H.; PINTO, C.B.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; DICKOW, K. M. C. Contribuição da precipitação interna para o aporte de nutrientes em estágios sucessionais da floresta atlântica no Paraná. **Scientia Agraria**. V. 16, n. 4, p. 80-95. 2015.

MARTINS, C. A. S; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, M. M. R.; CANDIDO, A. O. A dinâmica de metais-traço no solo. **R. Bras. Agrociência**. v.17, n.34, p. 383-391. 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário em Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, p. 9–15, 2005.

OLIVEIRA, L. L. COSTA, R. F.; SOUSA, F. A; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A.P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 61, p. 723–732, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; KELLER, M. M.; RAMOS, J. F.; BELDINI, T. P.; CRILL, P. M.; CAMARGO, P; C.; HAREN, J. V.. Chemical analysis of rainfall and throughfall in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará, Brazil. Taubaté. **Revista Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, 2015.

OKIN; G.; MAHOWALD, N.; CHADWICK, O. A.; ARTAXO, P. Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 18. 2004.

OZIEGBE,, M. B. MUOGHALU, J. I.; OKE, S. O. . Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 664-671. 2011.

PAULIQUEVIS T, ARTAXO P, OLIVEIRA PH, PAIXÃO M. O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico. **Cienc Cult**. 2007;59(3):48-50.

PELICHO. A. F. et al. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998–2002). **rev. Elsevier**. n.40. 2006.

PRESCOTT, C. E. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. **Tree physiology**, v. 22, p. 1193–1200, 2002.

RODRIGUES, R. A. R.; MELLO, W. Z.; SOUZA, P. A. Aporte atmosférico de amônio, nitrato e sulfato em área de floresta ombrófila densa montana na Serra dos Orgãos, RJ, **Quím. Nova**. v.30, n.8. 2007.

SHEER, M. B. Fluxo de Nutrientes pela precipitação Pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. **Floresta**. v. 39, p. 117-130. 2009.

SHINZATO, E. T.; SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B; M ANTUNES; M. L. P.; ANGELUCCI, V. A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.39, n.92, p.395-402, 2011.

SKEFFINGTON, R.A. HILL, T.J. The effects of a changing pollution climate on throughfall deposition and cycling in a forested area in southern England. **rev Science of the Total Environment**. v. 434. p. 28-38. 2012.

SOUZA, L. C.; MARQUES, R. Fluxo de Nutrientes em floresta ombrófila densa das terras baixas no litoral do Paraná. **Revista Floresta**, v. 40, n. 1, p. 125–136, 2010.

TAVARES, J. P.; Interação entre a vegetação e a atmosfera para formação de nuvens e chuvas na Amazônia: uma revisão. **Estudos Avançados**. v. 26, n. 74. 2012.

TOBÓN, C., SEVINK, J., VERSTRATEN, J. M.. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 70, p. 1–25, 2004.

WANG, J.; KREJCI, R.; GIANGRANDE, S.; KUANG, C.; BARBOSA, H. M. J.; BRITO, J.; CARBONE, S.; CHI, X.; Comstock, J.; DITAS, F.; LAVRIC, J.; MANNINEN, H.; MEI, F.; et al.. Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall. **rev. Nature**. v. 539. 2016

## **CAPÍTULO I**

### **Deposição de nutrientes via precipitação direta e interna, Belterra - PA**

Elen Kercy Siqueira da Cruz  
Raimundo Cosme de Oliveira Junior  
Troy Patrick Beldini

## **DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES VIA PRECIPITAÇÃO DIRETA E INTERNA, BELTERRA - PA \***

Elen Kericy Siqueira da CRUZ<sup>1</sup>, Raimundo Cosme de OLIVEIRA JUNIOR<sup>2</sup>, Troy Patrick BELDINI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará. elenkericy@gmail.com

<sup>2</sup>Orientador. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Geoquímica Ambiental. Embrapa Amazônia Oriental e CEULS ULBRA, raimundo.oliveira-junior@embrapa.br

<sup>3</sup> Doutor em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), tpbeldini@yahoo.com

\*Parte da dissertação da primeira autora

### **RESUMO**

Os fluxos de nutrientes em precipitação são importantes para a ciclagem biogeoquímica principalmente em ecossistemas florestais. O presente estudo objetivou verificar a deposição e o comportamento e a deposição de nutrientes em precipitação direta e interna no município de Belterra/PA. As amostras foram obtidas em duas áreas (km 67 e 126 rodovia Santarém/Cuiabá) tanto para a precipitação direta quanto para a interna. Nos dois pontos da floresta (FLONA Tapajós) a amostragem foi realizada na borda (de 0 a 1.000 m a partir do limite com a rodovia). Apenas no ponto do km 67, amostras foram tiradas numa área 5 km distante da área da amostragem na borda no interior da floresta. A precipitação direta foi recolhida nos mesmos pontos da precipitação interna (kms 67 e 126), no entanto na zona do entorno da unidade de conservação em campo aberto distante uns 50 m da borda da floresta. As amostras foram analisadas por fotômetro multiparâmetro por método de absorção de luzes. O total das deposições encontradas nas bordas florestais 67 - 126 respectivamente foram: K<sup>+</sup> 141.55 - 38.89; P 2 - 1.1; Mg<sup>2+</sup> 27.16 - 22.5; Ca<sup>2+</sup> 31.02 - 15.48; Fe<sup>2+</sup> 0.55- 0.32, Al<sup>3+</sup> 1.42 - 0.047, Cu<sup>2+</sup> 0.19 - 0.26 e Zn<sup>2+</sup> 0.22-0.17. O fósforo da borda da floresta (km 67) foi maior significativamente que a precipitação direta. O potássio apresentou diferenças expressivas entre a borda e o interior da FLONA Tapajós.

**PALAVRAS-CHAVE:** ciclagem biogeoquímica; bordas florestais; FLONA Tapajós.

### **ABSTRACT**

The nutrient fluxes in rainfall are important for cycling biogeochemical, mainly, in forest ecosystems. The objective of this study was to verify the deposition and behavior of nutrient fluxes in direct and throughfall in the municipality of Belterra-Pará. The samples were obtained in two areas: (km 67 and 126 - Santarém/Cuiabá highway), both for direct precipitation well as internal. In the two points of the forest (FLONA Tapajós). Sampling was performed at the edge (0 to 1.000 m, from the boundary with the highway). Only at the point of the km 67, samples were taken in area 5 km distant from the sampling area at the edge of forest internal. Rainfall points (km 67 and 126, however, in the area around the conservation unit in the open field, some 50 m from the forest edge. The samples were analyzed by multiparameter photometer by light absorption method. The mean of the

concentrates found at forest spots 67-126, respectively, were: :  $K^+$  141.55 - 38.89; P 2 - 1.1;  $Mg^{2+}$  27.16 – 22.5;  $Ca^{2+}$  31.02 – 15.48;  $Fe^{2+}$  0.55- 0.32,  $Al^{3+}$  1.42 – 0.047,  $Cu^{2+}$  0.19 – 0.26 e  $Zn^{2+}$  0.22-0.17. The phosphorus the forest edge was larger than direct precipitation (km 67), and the other elements followed the same pattern between open fields and edges. The potassium presented significant differences between the inside edge of FLONA Tapajós.

**Keywords:** cycling biogeochemical; forest edges; FLONA Tapajós.

## 1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes em áreas florestais tropicais envolve diferentes formas de entradas e saídas (SOUZA; MARQUES, 2010). Sendo que as principais vias de entradas são por decomposição da liteira, intemperismo do solo e a precipitação (LUIZÃO, 2007).

O ciclo irregular de elementos essenciais em ecossistemas tropicais pode ocasionar um impacto intenso, tendo em vista, que se trata de um meio natural que apresenta geralmente solos ácidos e baixa reserva de nutrientes (CHANG et al., 2017).

O conhecimento sobre os componentes essenciais presentes na composição das chuvas é relevante para a compreensão do orçamento total de nutrientes depositados (CARNOL; BAZGIR, 2013).

O aporte de nutrientes via precipitação sofre interferência de variáveis como: volume de água, índice da área foliar e material químico propício a lixiviação. Partindo desse princípio é perceptível a necessidade de estudos às diferenças de enriquecimento por lixiviação do dossel (TOBÓN et al. 2004).

Aerossóis ou partículas liberados de atividades agrícolas e combustão de biomassa influenciam os atributos químicos de chuvas por deposição atmosférica (PELICHO et al., 2006). Permitindo que a qualidade da precipitação seja propensa a influência de atividades antrópicas do entorno.

A atividade humana na floresta ou em áreas próximas provoca alterações diretamente nos fluxos de stemflow e throughfall (YU et al., 2015; AGUILLAUME et al, 2016).

O município de Belterra incorpora em grande parte de seus limites, uma floresta de grande porte, a FLONA Tapajós (OLIVEIRA JUNIOR; CORREA, 2001).

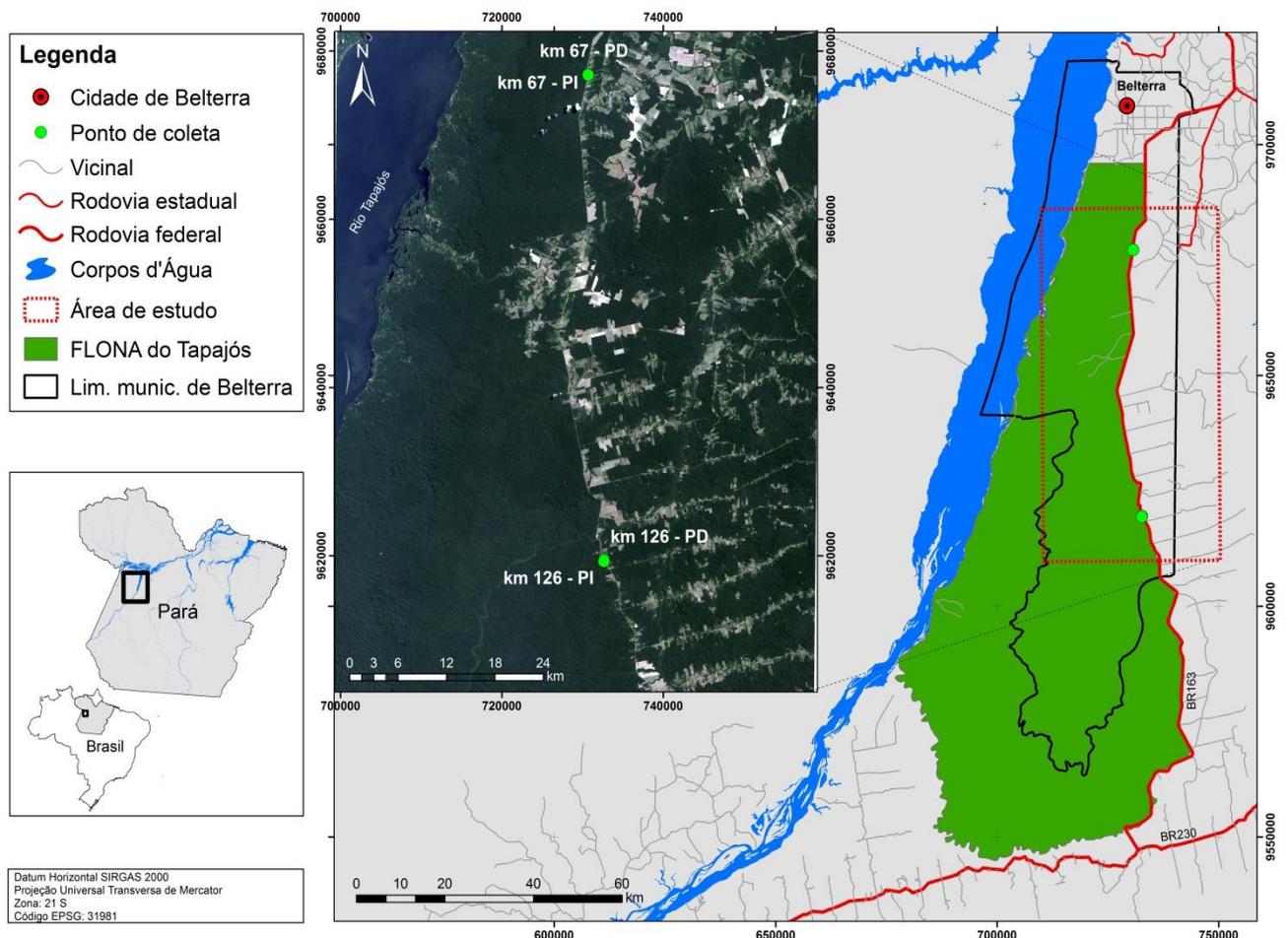
A unidade de conservação limita-se a leste com a rodovia Santarém/Cuiabá (BR 163) (IBAMA, 2004). Do outro lado da rodovia, zona de entorno, ocorre há presença de agrossistemas (agricultura e pecuária), áreas abandonadas em processo de regeneração e planos de assentamentos (IBAMA, 2004; VERONA; SHIMABUKURO, 2005; LEIVAS et al., 2014).

O objetivo do estudo foi de: verificar parâmetros da deposição total dos nutrientes sob precipitação interna e direta; conhecer a relação dos aportes dos nutrientes na borda e área interna florestal, averiguar as possíveis fontes de influencia na deposição dos nutrientes via precipitação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo ocorreu no município de Belterra na região Amazônica no oeste do estado do Pará, Brasil (Figura 1). Em duas áreas próximas as margens da Rodovia BR 163 Santarém Cuiabá. Localizados respectivamente a 67 e 126 km de distancia do município de Santarém de coordenadas 0732644 9619342 e 0732665 9619530 UTM.



**Figura 1.** Área de estudo município de Belterra e a FLONA Tapajós. PI (precipitação interna) e PD (precipitação direta).

## **2.2 Município de Belterra**

Com clima de altas temperaturas e grandes volumes de precipitação anual (IBAMA, 2004). A classificação climática é do tipo Am, segundo Koppen que Am apresenta características de clima tropical, com pluviometria anual acentuado e moderado no período da estiagem (RUSCHEL, 2008).

Belterra apresenta clima quente e úmido, com temperaturas médias oscilando entre 28° C e 29° C, com precipitação pluviométrica anual aproximadamente de 2.000 mm. O período de dezembro a junho é o de maior volume de chuvas, totalizando 70% de precipitação em comparação com o restante do ano (OLIVEIRA JÚNIOR; CORREA, 2001).

Os solos são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (OLIVEIRA JÚNIOR; CORREA, 2001; IBAMA, 2004), e são geralmente álicos e pobres em nutrientes disponíveis para as plantas com teores de elementos concentrados na superfície pela presença de matéria orgânica. (RODRIGUES et al., 2001).

## **2.3 FLONA Tapajós**

O campo de estudo no sítio florestal apresenta característica vegetativa de floresta alterada (vegetação secundária com desmatamento) de ambientes fitoecológicos de floresta ombrófila densa de áreas sedimentares (VELOSO et al., 1991).

De vegetação predominante de árvores de grandes portes e fisionomia de dossel semelhantes de árvores em estágio de emergência (IBAMA, 2004; LEVIA et al., 2014).

## **2.4 Dados utilizados**

Os dados das amostras de precipitação direta e interna das bordas florestais foram obtidos no ano de 2016 entre os meses de abril a dezembro.

Para verificar se existe efeito de borda usando como indicador a concentração de fluxos de nutrientes presentes na área interna da FLONA Tapajós, foram utilizados dados de Oliveira Junior et al. (2015) obtidos no mesmo sítio do km 67 a 50 m de distância na área interna floresta. Os fluxos foram apresentados no período de abril de 2003 a março de 2006.

## **2.5 Coleta de dados**

As coletas foram realizadas em dois pontos (km's 67 e 126) em que cada ponto foi subdividido em dois grupos: um destinado para a coleta da precipitação direta e o outro para a precipitação interna.

Em cada área de coleta de precipitação direta e interna foram demarcados um espaço de 100 x 100 m e os coletores foram instalados a distancia de 10x10m.

A amostragem de precipitação interna foi realizada dentro de floresta fechada em área pertencente à unidade de conservação da FLONA Tapajós. Nos dois pontos as coletas foram realizadas na borda (06 coletores/borda). Os dados da área interna do sítio 67 foram obtidos por 25 coletores.

Para a coleta de precipitação direta e precipitação interna foram utilizados frascos de polietileno de capacidade de 2 litros com um funil de plástico de 1,20 cm de diâmetro acoplados.

O recolhimento das amostras de precipitação direta foi efetuado em campos abertos sem a presença de árvores, próximos aos lugares da receptação das amostras de throughfall. Em cada área de coleta de amostras diretas foi inserido um grupo de quatro coletores.

No ato da coleta da precipitação direta dos dois pontos as amostras foram homogeneizadas.

Os coletores tanto do throughfall quanto das chuvas diretas foram instalados a um metro acima da superfície do solo.

Para cada recolhimento das águas os coletores foram higienizados com água deionizada.

Totalizaram 20 coletores: 12 coletores de precipitação de bordas e 08 coletores para a precipitação direta.

No período do estudo (nove meses) foram recolhidas 27 amostras compostas por precipitação (direta, borda controle e borda km 67) totalizando 81 amostras.

## **2.6 Análises Químicas**

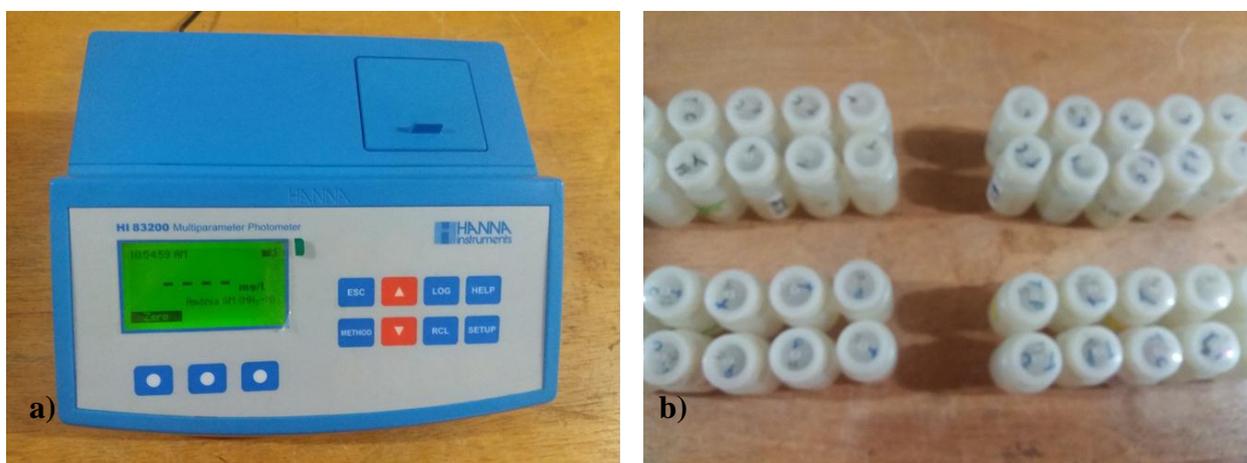
As amostras foram levadas para o laboratório da Embrapa localizado no Campus UFOPA/Santarém.

No laboratório primeiramente foi verificado o pH pelo medidor de pH digital, marca Instrutherm com precisão de  $\pm 0.05$  pH. E logo após, as amostragens foram congeladas para aguardo de análises químicas que ocorreram entorno de 3 semanas após o recolhimento em campo.

Foram realizadas 81 análises por componentes químicos totalizando 648 análises químicas.

A concentração dos íons potássio ( $K^+$ ), fósforo (P), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), ferro ( $Fe^{2+}$ ), alumínio ( $Al^{3+}$ ), cobre ( $Cu^{2+}$ ) e zinco ( $Zn^{2+}$ ) foram obtidos pelo equipamento Fotômetro Multiparâmetro modelo HI 83200 (Figura 2), marca Hanna, que utiliza método óptico com auxílio de lâmpadas de tungstênio e filtros de interferência para obtenção de teores moléculas.

Os reagentes específicos possibilita obter a quantidade de íon em meio solução. Por esse motivo para cada análise de um elemento foi necessário o uso de metodologias e reagentes específicos. Os reagentes utilizados foram adquiridos pela própria marca do fotômetro que disponibiliza um conjunto de indicadores específicos.



**Figura 2.** a) Fotômetro b) amostras identificadas

### 2.6.1 Potássio ( $K^+$ )

A reação para obter a concentração do potássio foi por turbidimétrico com duração de 02 min cada análise. No processo foram utilizados amostras de 10 mL pipetadas em cubetas com reagentes que ocasionaram turbidez na solução possibilitando a absorção das moléculas do elemento desejado. Com escala de 20 a 200 mg/L, forma química  $K^+$  e unidade mg/L.

### 2.6.2 Fósforo (P)

O filtro de banda presente no fotômetro para o fósforo foi de estreita interferência de 525 nm com escala de 0.0 a 30 mg/L. Foram usados 10 mL de amostra e necessários o uso de dois reagentes: molibdato de amônio ( $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ) e o metavanadato de amônio  $NH_4VO_3$ . Cada reação ocorreu por cinco minutos na forma de P com unidade em mg/L.

### 2.6.3 Magnésio ( $Mg^{2+}$ )

Para o teor de magnésio o método utilizado foi da calmagita que parte do pressuposto que moléculas de  $Mg^{2+}$  ao reagir com a calmagita resulte em uma cor púrpura como mostra a figura 3, fazendo com que as lâmpadas de tungstênio emitissem luzes proporcionando o teor de concentração do elemento. Para a reação necessitou-se de 0,5 mL de amostra e dois reagentes a base de amino-metil-propanol e 1 mL de indicador de calmagita. A escala variou de 0 a 150 mg/L e o tempo de reação de 15 segundos cada análise.

### 2.6.4 Cálcio ( $Ca^{2+}$ )

A escala para o cálcio foi de 0 a 400 mg/L de filtro de 466 nm de método adaptado de oxalato de cálcio em que a reação isola o elemento na forma de  $(COO)_2Ca$ . Foram utilizados 3 mL de amostras e 03 indicadores de tempo de reação de 05 minutos.

### 2.6.5 Ferro ( $Fe^{2+}$ )

A faixa do ferro variou de 0 a 5 mg/L filtro de 525 nm e baseou-se no método fenantrolina sobre a oxidação do ferro. O indicador conferiu a cor laranja nas amostras. O tempo de reação de 03 min e unidade em mg/L.

### 2.6.6 Alumínio ( $Al^{3+}$ )

A gama do alumínio foi entre 0 a 1 mg/L com filtro de 525 nm foram necessárias 50 mL de amostra para cada análises e 03 reagentes a base de ácido ascórbico que conferiu a cor vermelha. O tempo de reação de 15 min e a verificação da leitura da concentração na forma de  $Al^{3+}$  mg/L.

### 2.6.7 Cobre ( $Cu^{2+}$ )

Para a leitura do teor de cobre a faixa disponível foi de 0 a 1000  $\mu g/L$  com filtro de 575 nm e unidade de  $\mu g/L$ . Utilizou-se 10 mL de amostra e reagente a base de ácido bicinconínico que atribui a amostra à cor roxa. Com o tempo de reação de 45 segundos.

### 2.6.8 Zinco ( $Zn^{2+}$ )

A gama do zinco foi de 0 a 3 mg/L com tempo de reação de 3 min e filtro de 575 nm. Foi necessário 20mL de amostra e dois reagentes contendo ciclo-hexanona que proporciona a cor laranja de acordo com a concentração do zinco presentes na amostra de precipitação.



**Figura 3.** Demonstração das cores resultantes das reações dos reagentes para abstrair a concentração de moléculas de  $Mg^{2+}$ .

## 2.7 Análises de dados

Os dados de volumes e concentrações iônicas foram processados em equações (I-IV) para retornar em valores de interceptação, fator de enriquecimento, fluxo dos nutrientes e a conversão do volume de precipitação em mm.

Interceptação I (%) da precipitação interna foi estimada pela equação

$$I) \quad I = ((PD-PI) / PD) \times 100$$

Em que:

PD: volume de precipitação direta (mm)

PI: volume de precipitação interna (mm)

A deposição de nutrientes foi calculada em  $kg. ha. ano^{-1}$  multiplicando a média de concentração mensal pelo volume (PD ou PI) mensal e dividindo o resultado por 100.

$$II) \quad F (pi ou pd) = X * P (pi ou pd) / 100$$

A equação de enriquecimento da precipitação interna ao entrar em contato com a superfície vegetal foi baseado nos pressuposto por Gordon et al. (2000).

$$III) \quad E = M_{cpi}/M_{cpd}$$

$M_{cpi}$  = média mensal do fluxo em precipitação interna

$M_{cpd}$  = média mensal média mensal do fluxo em precipitação direta

A precipitação em milímetros foi calculada dividindo o volume de amostra do coletor (ml) com a área do funil (m).

$$\text{Área do funil} = \pi r^2$$

$$\text{IV) } P \text{ (mm)} = \text{volume coletor} / \text{área do funil}$$

## 2.8 Análises estatísticas

As comparações das concentrações de nutrientes foram realizadas por ANOVA fatorial com os fatores fixados estação (chuva, transição, seca), sítio (floresta, campo aberto), e borda/interna como parcelas subdivididas dentro da parcela da floresta. Os dados para precipitação interna e direta foram analisados usando ANOVA com sítio e estação como efeitos fixados. O teste de Tukey foi usado para separar as médias, e um nível de probabilidade ( $\alpha$ ) de 0,05 foi usado para todos os testes. Quando necessário os dados foram transformados usando  $\log_{10}$  para corrigir para desvios leves da normalidade. A homogeneidade das variâncias foi testado usando o teste de Levene e um valor  $p = 0,10$  indicou que não houve nenhuma violação do pressuposto de igualdade das variâncias para o teste de ANOVA.

Já para os dados entre os fatores volume e interceptação foi aplicado a análise de correlação de Pearson para testar a força da correlação entre esses fatores. Para verificação da correlação dos elementos entre si e com o pH e verificação e da correlação dos fluxos de nutrientes foi realizado uma matriz de correlação de Pearson.

Também foi realizado teste de regressão linear das variáveis quantitativas para verificar a intensidade das relações entre o conjunto de dados dos fluxos dos nutrientes e o nível de associação dos fluxos com o volume de precipitação.

Para organização, caracterização e compreensão aplicou-se a análise estatística descritiva nos dados quantitativos.

A base de todas as análises foram os programas estatísticos: Statistica 13.7, BioEstat 5.0 e o SPSS Statistics 22.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Deposições de nutrientes

As deposições via precipitação borda km 67 exibiu a seguinte sequência para os macronutrientes:  $K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P$  e micronutrientes  $Al^{3+} > Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+}$  (Tabela 1).

**Tabela 1.** Média  $\pm$  erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação interna na borda 67 entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado.

Macronutrientes (kg. ha <sup>-1</sup> )				
	$K^+$	P	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$
<b>abr</b>	15 $\pm$ 0.66	0.2 $\pm$ 0.13	5.9 $\pm$ 1.7	0
<b>mai</b>	28.35 $\pm$ 6.8	0.4 $\pm$ 0.1	3.14 $\pm$ 1.6	2.52 $\pm$ 2.53
<b>jun</b>	7.1 $\pm$ 1.4	0.02 $\pm$ 0.004	4.26 $\pm$ 2.13	7.1 $\pm$ 5.11
<b>jul</b>	43 $\pm$ 14.3	0.17 $\pm$ 0.08	1.19 $\pm$ 0.6	14.3 $\pm$ 4.11
<b>ago</b>	5 $\pm$ 0.33	0.14 $\pm$ 0.07	2.24 $\pm$ 1.11	0
<b>set</b>	5.7 $\pm$ 0.72	0.0852 $\pm$ 0.05	2.8 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.4
<b>out</b>	14.5 $\pm$ 6.9	0.21 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 1.44	4.3 $\pm$ 2.01
<b>nov</b>	9.2 $\pm$ 4.9	0.347 $\pm$ 0.11	1.735 $\pm$ 0.3	0
<b>dez</b>	13.7 $\pm$ 1.1	0.43 $\pm$ 0.34	4.5 $\pm$ 1.16	0
<b>Total</b>	141.55	2.00	27.16	31.02
Micronutrientes (kg. ha <sup>-1</sup> )				
	$Fe^{2+}$	$Al^{3+}$	$Cu^{2+}$	$Zn^{2+}$
<b>abr</b>	0.1 $\pm$ 0.09	0.014 $\pm$ 0.002	0.03 $\pm$ 0.017	0
<b>mai</b>	0.15 $\pm$ 0.03	0.00756 $\pm$ 0	0.02 $\pm$ 0.006	0.04 $\pm$ 0.03
<b>jun</b>	0.09 $\pm$ 0.04	0.013 $\pm$ 0.002	0.007 $\pm$ 0.003	0.008 $\pm$ 0.003
<b>jul</b>	0.05 $\pm$ 0.04	0.007 $\pm$ 0.001	0.02 $\pm$ 0.006	0.05 $\pm$ 0.004
<b>ago</b>	0.01 $\pm$ 0.01	0.007 $\pm$ 0.003	0.007 $\pm$ 0.003	0.07 $\pm$ 0.009
<b>set</b>	0.05 $\pm$ 0.04	0.008 $\pm$ 0.006	0.03 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01
<b>out</b>	0	0	0.008 $\pm$ 0.03	0
<b>nov</b>	0.1 $\pm$ 0.09	0	0	0
<b>dez</b>	0	1.368 $\pm$ 0.004	0.07 $\pm$ 0.03	0
<b>Total</b>	0.55	1.42	0.19	0.22

Para a precipitação interna km 126 a ordem de macronutrientes foi  $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > P$  e para os micronutrientes  $Fe^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Al^{3+}$  (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média  $\pm$  erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação interna na borda 126 entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado.

<b>Macronutrientes (kg. ha<sup>-1</sup>)</b>				
	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>
<b>abr</b>	7.7 $\pm$ 0.5	0.26 $\pm$ 0.11	5.8 $\pm$ 0	4.8 $\pm$ 3.1
<b>mai</b>	2.7 $\pm$ 0.3	0.16 $\pm$ 0.04	1.1 $\pm$ 0.66	0
<b>jun</b>	3 $\pm$ 0.44	2.1 $\pm$ 0.02	2.2 $\pm$ 1.01	0.8 $\pm$ 0.8
<b>jul</b>	3.7 $\pm$ 0.3	0.09 $\pm$ 0.05	1.5 $\pm$ 0.86	4.42 $\pm$ 3.3
<b>ago</b>	2.5 $\pm$ 0.04	0.058 $\pm$ 0.04	1.8 $\pm$ 0.36	0
<b>set</b>	3.94 $\pm$ 0	0.11 $\pm$ 0.09	3.06 $\pm$ 0.44	0.8 $\pm$ 0.8
<b>out</b>	4.09 $\pm$ 0.27	0.0614 $\pm$ 0.08	3.07 $\pm$ 0.27	3.4 $\pm$ 2.1
<b>nov</b>	3.68 $\pm$ 1.48	0.1768 $\pm$ 0.01	0.36907 $\pm$ 0.37	0
<b>dez</b>	7.58 $\pm$ 1.09	0.1781 $\pm$ 0	3.15707 $\pm$ 0.64	1.26 $\pm$ 1
<b>Total</b>	38.89	1.101	22.05	15.48
<b>Micronutrientes (kg. ha<sup>-1</sup>)</b>				
	<b>Fe<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cu<sup>2+</sup></b>	<b>Zn<sup>2+</sup></b>
<b>abr</b>	0.07 $\pm$ 0.04	0.017 $\pm$ 0.002	0.075 $\pm$ 0.05	0
<b>mai</b>	0.02 $\pm$ 0.02	0	0.02 $\pm$ 0.004	0.02 $\pm$
<b>jun</b>	0.007 $\pm$ 0.006	0.005 $\pm$ 0.002	0.02 $\pm$ 0.006	0.023 $\pm$
<b>jul</b>	0.0066 $\pm$ 0.006	0.0066 $\pm$ 0.004	0.02 $\pm$ 0.006	0.03 $\pm$
<b>ago</b>	0.0043 $\pm$ 0.002	0.002 $\pm$ 0.0006	0.02 $\pm$ 0.006	0.043 $\pm$
<b>set</b>	0	0.00263 $\pm$ 0.007	0.02 $\pm$ 0.001	0.0578 $\pm$
<b>out</b>	0.01 $\pm$ 0.008	0	0.02 $\pm$ 0.001	0
<b>nov</b>	0.04641 $\pm$ 0.002	0.00442 $\pm$ 0.002	0.00004 $\pm$ 0	0
<b>dez</b>	0	0.01 $\pm$ 0.002	0.07 $\pm$ 0.02	0
<b>Variância</b>	0.0006	0	0.0006	0.0005
<b>Total</b>	0.32	0.047	0.26	0.17

A precipitação direta exibiu padrão semelhante das precipitações de bordas: macronutrientes:  $K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P$  e micronutrientes  $Al^{3+} > Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+}$  (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média  $\pm$  erro padrão, variância das deposições de nutrientes e do pH sob precipitação direta entre os meses de abril e dezembro de 2016. (NI) não identificado.

<b>Macronutrientes (kg. ha<sup>-1</sup>)</b>				
	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>
<b>abr</b>	15 $\pm$ 0.66	0.2 $\pm$ 0.13	5.9 $\pm$ 1.7	0
<b>mai</b>	28.35 $\pm$ 6.8	0.4 $\pm$ 0.1	3.14 $\pm$ 1.6	2.52 $\pm$ 2.53
<b>jun</b>	7.1 $\pm$ 1.4	0.02 $\pm$ 0.004	4.26 $\pm$ 2.13	7.1 $\pm$ 5.11
<b>jul</b>	43 $\pm$ 14.3	0.17 $\pm$ 0.08	1.19 $\pm$ 0.6	14.3 $\pm$ 4.11
<b>ago</b>	5 $\pm$ 0.33	0.14 $\pm$ 0.07	2.24 $\pm$ 1.11	0
<b>set</b>	5.7 $\pm$ 0.72	0.0852 $\pm$ 0.05	2.8 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.4
<b>out</b>	14.5 $\pm$ 6.9	0.21 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 1.44	4.3 $\pm$ 2.01
<b>nov</b>	9.2 $\pm$ 4.9	0.347 $\pm$ 0.11	1.735 $\pm$ 0.3	0
<b>dez</b>	13.7 $\pm$ 1.1	0.43 $\pm$ 0.34	4.5 $\pm$ 1.16	0
<b>Total</b>	141.55	2.00	27.16	31.02
<b>Micronutrientes (kg. ha<sup>-1</sup>)</b>				
	<b>Fe<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cu<sup>2+</sup></b>	<b>Zn<sup>2+</sup></b>
<b>abr</b>	0.1 $\pm$ 0.09	0.014 $\pm$ 0.002	0.03 $\pm$ 0.017	0
<b>mai</b>	0.15 $\pm$ 0.03	0.00756 $\pm$ 0	0.02 $\pm$ 0.006	0.04 $\pm$ 0.03
<b>jun</b>	0.09 $\pm$ 0.04	0.013 $\pm$ 0.002	0.007 $\pm$ 0.003	0.008 $\pm$ 0.003
<b>jul</b>	0.05 $\pm$ 0.04	0.007 $\pm$ 0.001	0.02 $\pm$ 0.006	0.05 $\pm$ 0.004
<b>ago</b>	0.01 $\pm$ 0.01	0.007 $\pm$ 0.003	0.007 $\pm$ 0.003	0.07 $\pm$ 0.009
<b>set</b>	0.05 $\pm$ 0.04	0.008 $\pm$ 0.006	0.03 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01
<b>out</b>	0	0	0.008 $\pm$ 0.03	0
<b>nov</b>	0.1 $\pm$ 0.09	0	0	0
<b>dez</b>	0	1.368 $\pm$ 0.004	0.07 $\pm$ 0.03	0
<b>Total</b>	0.55	1.42	0.19	0.22

Os dados de Oliveira Junior et al., (2015) referente as deposições de P, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e pH da precipitação da área interna da FLONA (km 67) durante abril/2003 a março/2006 consta na Tabela 4.

Os dados externos subsidiou esclarecimentos referente a fragmentação da FLONA Tapajós pela rodovia. Com a possibilidade de averiguação de componentes químicos da precipitação no âmbito borda e interior da floresta.

**Tabela 4:** Média e erro padrão de nutrientes e pH no período de abril/2003 a março/2006 extraído de Oliveira Junior et al. (2015) adaptado pelo autor.

<b>Precipitação interior km 67 (kg. ha<sup>-1</sup>)</b>					
	<b>P</b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>pH</b>
<b>abr</b>	0.4±0.2	2.58±0.72	1.35±0.01	2.25±0.08	6.3±0.17
<b>mai</b>	1±0.5	2.35±0.52	1.63±0.20	2.80±0.24	6.4±0.23
<b>jun</b>	0.05±0.01	2.09±0.04	0.80±0.04	1.08±0.10	6.6±0.21
<b>jul</b>	0.05±0.04	2.34±0.26	0.85±0.02	1.17±0.11	6.9±0.21
<b>ago</b>	0.05±0.02	2.73±0.11	0.96±0.04	1.19±0.21	6.1±0.35
<b>set</b>	0.07±0.06	2.47±0.37	0.75±0.11	1.02±0.05	6.2±0.66
<b>out</b>	0.4±0.2	3.12±0.65	1.05±0.25	1.25±0.15	6.2±0.44
<b>nov</b>	0.5±0.32	2.83±1.02	1.03±0.44	1.32±0.44	6.0±0.63
<b>dez</b>	0.23±0.16	5.05±2.20	2.74±0.71	4.19±2.24	5.6±0.46

O coeficiente de variância da deposição da borda 67 mostrou maior dispersão do K<sup>+</sup> e P no período de transição. O Mg<sup>2+</sup> e o Ca<sup>2+</sup> apresentaram o índice de variabilidade elevada e semelhante (115.47%) na estação chuvosa. Todos os micronutrientes observados apresentaram a maior variação nos meses de transição. A menor variação do ferro, alumínio e cobre foi nas chuvas e do zinco foi na seca (Tabela 5).

Na borda controle a maior variação do K<sup>+</sup> ocorreu na estação chuvosa (55,51%) e o P na transição (81.02%). O magnésio e o cálcio divergiram, a maior dispersão do Mg<sup>2+</sup> foi na estação chuvosa (78.65%) e menor no período de transição (19.16%). Já o cálcio o maior coeficiente foi na transição (135.35%) e menor no período seco (106.46%).

Sobre a borda controle, o ferro manteve a maior dispersão nos meses de seca juntamente com o cobre e o alumínio o maior índice foi no período chuvoso. Devido a problemas técnicos não foram consideradas a variação nos meses de seca para o zinco na borda 126 e precipitação direta (Tabela 5).

O coeficiente de variação dos atributos químicos da precipitação direta apresentou maior homogeneidade em relação os parâmetros de precipitações de bordas. Em que o maior índice de variação dos macronutrientes ocorreu na transição e menor no período de chuva. Todos os micronutrientes apresentaram a maior dispersão nos meses de seca e menos nos meses chuvosos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Coeficiente de variância (%) dos aportes de nutrientes em função dos períodos de chuva, transição e seca.

<b>Borda 67</b>								
	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Fe<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cu<sup>2+</sup></b>	<b>Zn<sup>2+</sup></b>
Chuva	11.15	44.19	115.47	115.47	91.15	20.38	38.49	41.37
Transição	82.66	88.85	60.82	63.07	121.35	86.81	70.36	87.86
Seca	27.50	45.90	91.05	96.84	97.59	53.21	46.15	10.61
<b>Borda 126</b>								
	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Fe</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cu<sup>2+</sup></b>	<b>Zn</b>
Chuva	55.51	27.49	78.65	115.47	64.15	115.47	66.85	115.47
Transição	19.66	81.02	19.16	135.35	24.42	51.51	0.00	31.72
Seca	38.26	42.99	56.50	106.46	156.34	99.33	108.50	-
<b>Precipitação direta</b>								
	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Fe</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cu<sup>2+</sup></b>	<b>Zn</b>
Chuva	35.56	38.49	35.25	115.47	23.09	34.49	23.09	115.47
Transição	116.29	72.16	60.87	100.23	80.00	38.49	66.23	74.17
Seca	38.14	56.69	53.47	120.51	127.66	198.45	116.10	-

### 3.2 Enriquecimento

O enriquecimento foi calculado subtraindo a média da concentração mensal dos nutrientes em precipitação de área aberta com a média da concentração elementar sob precipitação interna.

A aplicabilidade da equação foi de averiguar os índices de enriquecimento e absorção dos nutrientes em contato com a superfície florestal.

Para a borda 67 os elementos de maior recorrência de enriquecimento foram o Al<sup>3+</sup> e o Cu<sup>2+</sup> no período de maio a setembro, este último mês foi que apresentou taxa superior de contribuição em relação aos outros meses. Com exceção do Fe<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> todos os elementos foram positivamente contribuídos em setembro na borda 67. O Al<sup>3+</sup> e o Cu<sup>2+</sup> foram os que apresentaram melhor recorrência de contribuição.

Em relação a borda 126 o  $Mg^{2+}$  destacou-se, pois seu enriquecimento foi mais recorrente (abril/jul-out/dez) que os outros elementos no período do estudo. O mês de setembro para essa borda houve maior contribuição na deposição de  $K^+$ , P,  $Mg^{2+}$  e o  $Zn^{2+}$ .

### 3.3 pH

Apesar de não diferir estatisticamente entre si (ANOVA Fatorial), a borda 126 mostrou o pH levemente mais baixo no decorrer do estudo do que a margem 67 (Tabela 10). De menor índice no mês de novembro (4,98) e o maior em julho (6,19).

A borda 67 também apresentou a mínima (4,78) no mês de novembro e a máxima no mês de julho (6,16). No geral, para essa borda, os valores foram mais altos na época de transição dos meses chuvosos para os secos.

No âmbito borda e interior da floresta houve diferenças significativas ( $p < 0,005$ ) em que a borda mostrou o pH mais baixo que o interior da floresta em todo o período do estudo (Figura 7).

### 3.4 Comportamento dos nutrientes em precipitação direta e interna

As interações de nutrientes foram testadas nas diferentes áreas de amostragens por ANOVA fatorial levando em consideração o fator estação (chuvosa/transição/seca) no qual foram realizadas as seguintes comparações:

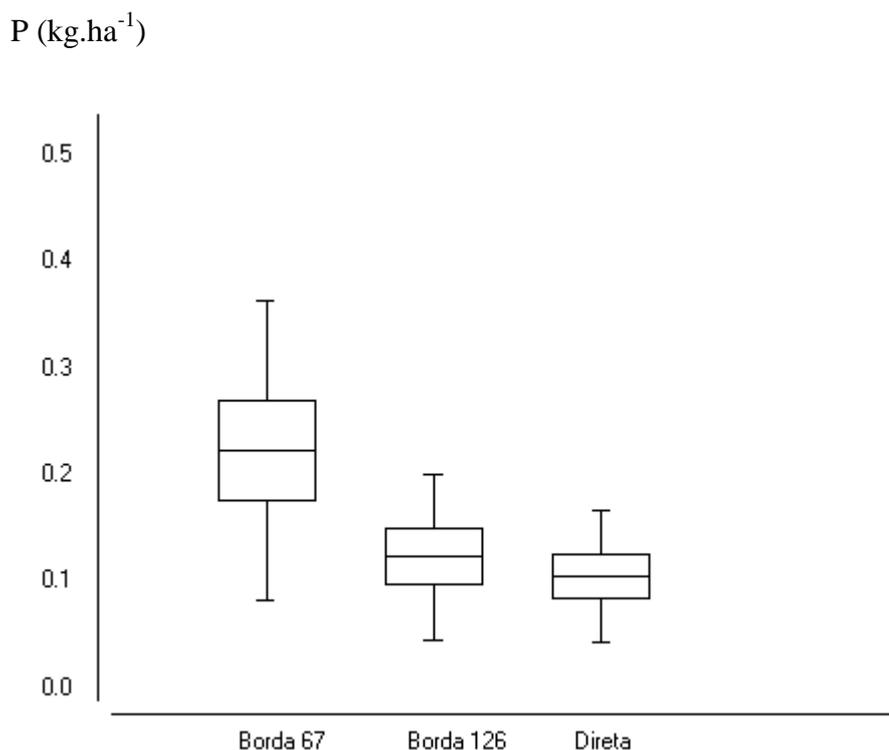
- Entre as bordas florestais e campo aberto;
- Borda e interior da FLONA Tapajós (km 67);
- Área interna da FLONA Tapajós (km 67) e campo aberto.

Para inferir as diferenças entre as médias usou-se a técnica de inferência por intervalo de confiança de 95% em torno da média em quando os intervalos não se tocarem as médias possuem baixa probabilidade ( $p < 0,05$ ) de serem iguais.

### 3.5 Fluxo de nutrientes bordas / campo aberto

A análise de variância não detectou divergências expressivas para os nutrientes  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  e  $Zn^{2+}$  e o pH. No entanto, apresentou divergências sobre o fósforo e o potássio.

A borda 67 mostrou maior deposição em relação a precipitação da borda controle e do campo aberto ( $F=6,35$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 4).



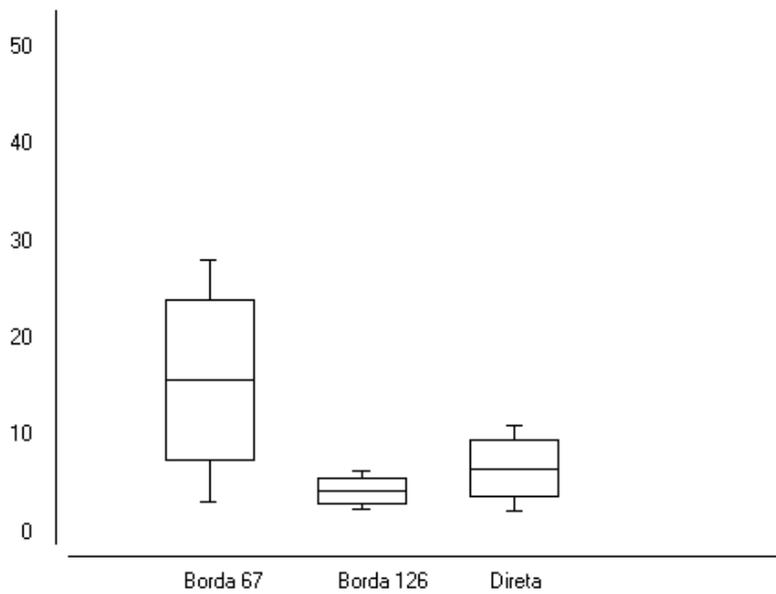
**Figura 4.** Fluxo de fósforo entre as bordas e a precipitação direta. O box denota o erro padrão (+/- 2) e as suíças o desvio padrão.

O potássio entre a precipitação direta e a borda 67 demonstrou divergências significativas ( $p < 0,05$ ;  $F = 7,16$ ) a água em campo aberto apresentou menor deposição de potássio que a borda 67 (Figura 5).

Também ocorreram diferenças expressivas ( $p < 0,01$ ;  $F = 7,16$ ) entre as médias da borda 126 (menor deposição) e borda 67 (maior deposição) (Figura 5).

O aporte de potássio entre as bordas não apresentaram alterações significativas.

$K^+$  (kg.ha<sup>-1</sup>)

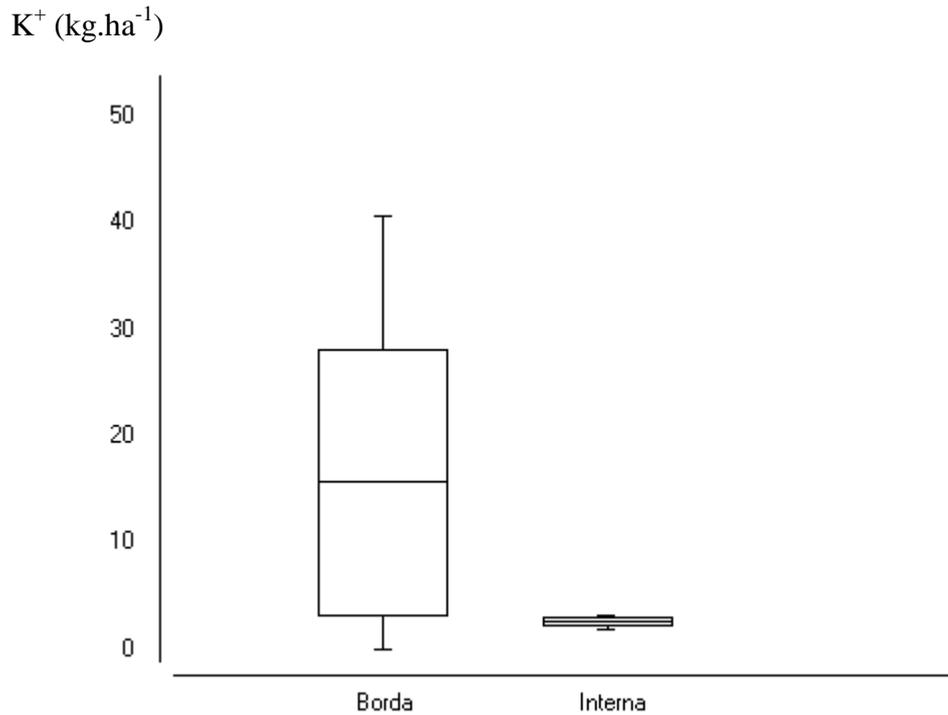


**Figura 5.** Fluxo de potássio entre as bordas e a precipitação direta. O box denota o erro padrão (+/- 2) e as suíças o desvio padrão.

### 3.6 Deposições de componentes químicos no fragmento florestal (borda/interior)

A verificação do aporte dos nutrientes na precipitação interna da floresta (km 67) de acordo com a distância borda e sitio interno foi realizado por anova fatorial de medidas repetidas permitindo comparar as médias das variáveis sobre os fatores distância (borda,/interna) e também por período (chuva/transição/seca).

As análises mostraram que as deposições de P, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup> e o Zn<sup>2+</sup> não divergiram expressivamente em relação borda e interior.



**Figura 6.** Comparação do fluxo de  $K^+$  na área de borda e interna da floresta. Pontos centrais denotam as médias e as barras intervalos de confiança 95%.

A deposição de  $K^+$  entre a borda e o interior apresentaram  $F= 9,38$ ;  $p = <0,05$ ;  $K^+$  da borda no período chuvoso (maior) foi maior que o  $K^+$  no interior em todas as três estações (Figura 6).

As correlações dos fatores entre os nutrientes, volume e pH da borda 67 mostraram relações fortes e positivas entre as variáveis magnésio-volume, alumínio-zinco e cálcio-pH (Tabela 6).

Para a borda 126 as interações fortes e positivas foram entre: potássio-volume, magnésio-volume. O potássio para esta borda apresentou interação com quatro nutrientes (fósforo, magnésio, alumínio e cobre) (Tabela 7).

### 3.7 Interações entre os fatores

**Tabela 6.** Matriz de correlação de Pearson entre os nutrientes, pH e o volume de precipitação (V) da borda 67. As interações significativas em destaque.

	V	K <sup>+</sup>	P	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	pH
V	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
K <sup>+</sup>	0.5137	1	---	---	---	---	---	---	---	---
P	-0.1973	0.1178	1	---	---	---	---	---	---	---
Mg <sup>2+</sup>	<b>0.8859</b>	0.51	-0.0417	1	---	---	---	---	---	---
Ca <sup>2+</sup>	-0.4567	0.2868	0.1311	-0.2896	1	---	---	---	---	---
Fe <sup>2+</sup>	<b>0.7634</b>	<b>0.6261</b>	-0.2455	<b>0.7429</b>	-0.3437	1	---	---	---	---
Al <sup>3+</sup>	0.2818	<b>0.6276</b>	-0.062	0.4628	0.1639	<b>0.6855</b>	1	---	---	---
Cu <sup>2+</sup>	-0.1472	0.246	0.5512	0.1426	0.4949	0.0293	0.558	1	---	---
Zn <sup>2+</sup>	0.3008	0.5516	-0.0955	0.5495	0.156	<b>0.6425</b>	<b>0.9632</b>	0.5372	1	---
pH	-0.2684	0.1415	0.2383	-0.0993	<b>0.8238</b>	-0.4294	0.1155	<b>0.6525</b>	0.1457	1

**Tabela 7.** Matriz de correlação de Pearson entre os nutrientes, pH e o volume de precipitação (V) da borda 126. As interações significativas em destaque.

	V	K <sup>+</sup>	P	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	pH
V	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
K <sup>+</sup>	<b>0.9195</b>	1	---	---	---	---	---	---	---	---
P	<b>0.6867</b>	<b>0.7017</b>	1	---	---	---	---	---	---	---
Mg <sup>2+</sup>	<b>0.8883</b>	<b>0.7612</b>	0.3971	1	---	---	---	---	---	---
Ca <sup>2+</sup>	0.5339	<b>0.5054</b>	0.2286	<b>0.6146</b>	1	---	---	---	---	---
Fe <sup>2+</sup>	0.5571	0.3984	<b>0.7294</b>	0.3475	0.3245	1	---	---	---	---
Al <sup>3+</sup>	<b>0.8813</b>	<b>0.844</b>	0.6445	<b>0.6925</b>	0.5615	0.5839	1	---	---	---
Cu <sup>2+</sup>	<b>0.9319</b>	<b>0.9116</b>	0.5865	<b>0.8155</b>	0.4583	0.2805	<b>0.8161</b>	1	---	---
Zn <sup>2+</sup>	-0.4769	-0.5422	-0.4754	-0.1996	-0.3049	-0.5393	-0.3973	-0.3792	1	---
pH	-0.4589	-0.4492	-0.3969	-0.395	-0.0073	-0.5454	-0.4006	-0.3017	0.4104	1

A análise de componentes principais de rotação varimax identificou três componentes responsáveis pela maior parte da variância da deposição de nutrientes na precipitação de borda 67 (Tabela 8).

**Tabela 8.** Fontes de influência nos fluxos de nutrientes FLONA Tapajós borda km 67.

<b>Matriz de componente rotativa</b>				
	Fertilizantes	Suspensão do solo	Queimadas	Comunalidades
<b>K<sup>+</sup></b>	0.997	-0.050	0.056	0.999
<b>P</b>	0.997	-0.050	0.056	0.999
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	0.997	-0.050	0.056	0.999
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	-0.148	-0.118	-0.757	0.608
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	-0.084	0.993	0.061	0.998
<b>Al<sup>3+</sup></b>	-0.041	0.995	0.016	0.993
<b>Cu<sup>2+</sup></b>	-0.033	-0.051	0.825	0.683
<b>Zn<sup>2+</sup></b>	0.997	-0.049	0.056	0.999
<b>Componentes</b>	1°	2°	3°	
<b>Variância (%)</b>	50,073	25,049	15.859	

Extração componente principal utilizando rotação varimax com normalização de Kaiser.

O primeiro componente com coeficiente de variância de 50% foi atribuído ao uso de fertilizante nos agrossistemas das redondezas.

O segundo componente foi atribuído a suspensão de solo, pois os valores mais relacionados para esse componente foram os elementos Fe<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> presentes abundantemente no solo da região.

O terceiro componente foi atribuído as queimadas, uma vez que esse componente exerceu influência em magnitudes menores que o primeiro sobre os macronutrientes.

**Tabela 9.** Componentes de influência dos fluxos de nutrientes FLONA Tapajós borda km 126. (NI) = Não identificado.

<b>Matriz de componente rotativa</b>					
	Poeira do solo	NI	NI	NI	Comunalidades
<b>K<sup>+</sup></b>	-0,096	0,716	0,674	0,059	0,978
<b>P</b>	-0,138	0,033	0,894	0,201	0,859
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	-0,052	-0,402	0,216	0,540	0,503
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	-0,098	0,866	-0,048	0,032	0,763
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,980	-0,040	-0,035	0,170	0,992
<b>Al<sup>3+</sup></b>	0,917	-0,135	-0,051	-0,315	0,960
<b>Cu<sup>2+</sup></b>	-0,194	0,393	-0,541	0,273	0,560
<b>Zn<sup>2+</sup></b>	0,029	-0,195	0,018	-0,884	0,821
<b>Componentes</b>	1°	2°	3°	4°	
<b>Variância (%)</b>	29,654	19,066	16,939	14,799	

Extração componente principal utilizando rotação varimax com normalização de Kaiser.

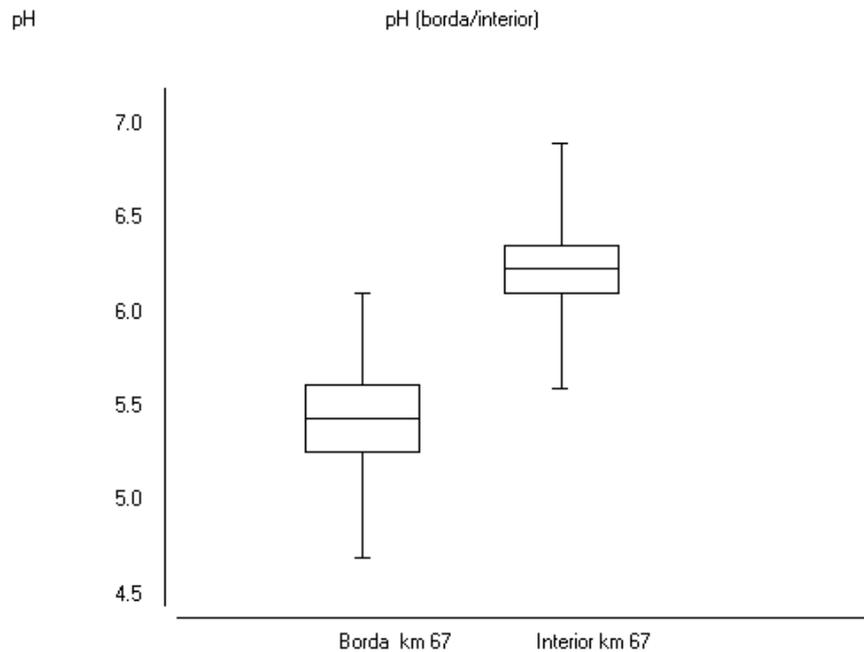
A precipitação da borda controle mostrou ser influenciada por um maior conjunto de fatores. A análise de componentes principais identificaram quatro possíveis variáveis que interferiram na variância dos nutrientes no período do estudo (Tabela 9).

Pelo grau de intensidade da relação do Al<sup>3+</sup> e o Fe<sup>2+</sup> com esse componente conferiu-se a poeira do solo como fonte de influência, no aporte elementar.

O pH da precipitação direta apresentou menor índice de 4,78 enquanto que as das 126 e 67 foram respectivamente de 4,92 e 5,21. No geral, pH da borda 67 foi mais elevada (Tabela 10).

**Tabela 10.** Análise descritiva do pH na precipitação de borda 67 (PB67), borda 126 (PB126) e precipitação direta (PD).

	<b>PD</b>	<b>PB 126</b>	<b>PB 67</b>
<b>Mínimo</b>	4.78	4.92	5.21
<b>Máximo</b>	6.17	6.2	6.33
<b>Variância</b>	0.2865	0.2164	0.1512
<b>Coefficiente de Variação</b>	9.75%	8.45%	6.99%



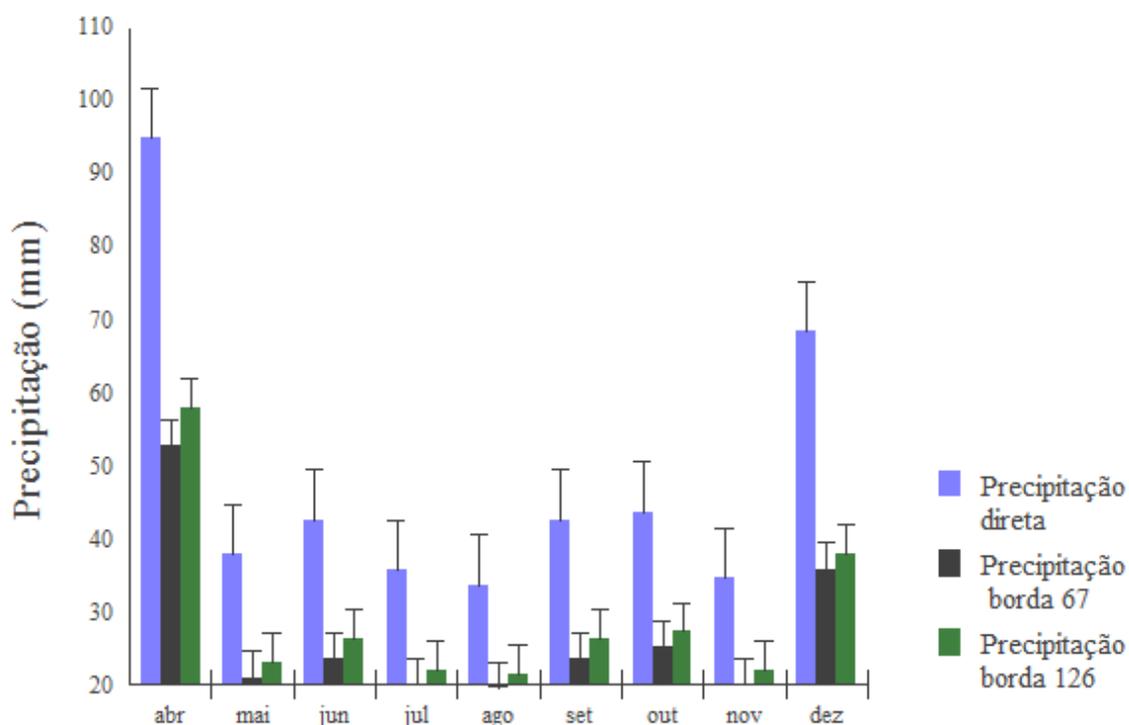
**Figura 7.** Índice de pH da área de borda e interna km 67. O box representa o erro padrão e as suíças o máximo e o mínimo.

### 3.8 Volume e interceptação

O volume mensal de precipitação direta foi maior que de precipitação de bordas em todas as estações (Figura 8).

No que se refere a relação entre as bordas não houve diferenças relevantes apesar do maior volume substancialmente da borda 126 em todos os meses de estudo.

A precipitação direta no período de chuvas foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior em comparação com os meses seco mostrando médias de 66,96 mm (chuvoso/abril-jun) e 38,5 (seco/jul-dez) (Figura 9).



**Figura 8.** Volume mensal de precipitação direta, precipitação borda 67 e borda 126, as barras denotam o erro padrão de cada precipitação.

Os índices máximos de precipitação direta, borda 67 e borda 126 foram respectivamente de 97.7 mm, 52.6 mm e 57.9 mm (Tabela 10).

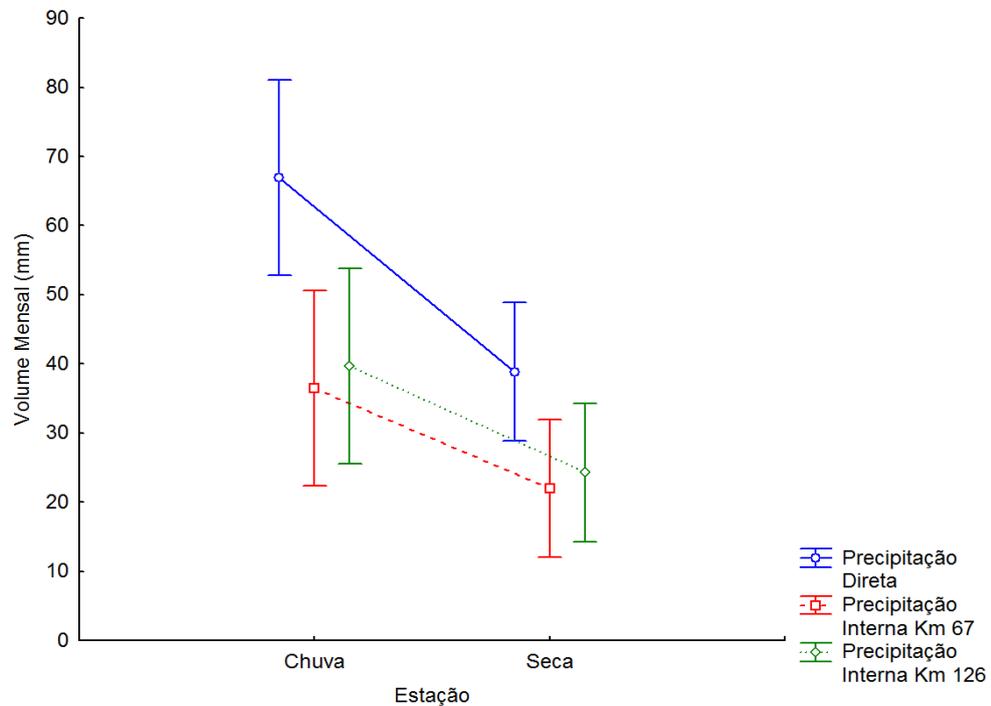
Os volumes mínimos para todas as precipitações ocorreram no mês de agosto com valores de 33.7 mm, 19.5 mm e 21.5 mm para a precipitação direta, borda 67 e borda 126 respectivamente (Tabela 11).

**Tabela 11.** Análise descritiva de volume de precipitação.

	PD	PI (borda 67)	PI (borda 126)
<b>Média /chuvoso-seco</b>	67.4 - 43.1	37.4 - 24	41,3 - 26 2
<b>Erro padrão</b>	6.77	3.6	3.9
<b>Máxima</b>	97.7	52.6	57.9
<b>Mínima</b>	33.7	19.5	21.5
<b>Coef. variação</b>	42. 1%	40.6%	40.2%

Entre as bordas, o volume de precipitação, mostrou mesmo padrão e como esperado a precipitação direta foi superior. Análise de variância mostrou alteração significativa ( $p <$

0,005) entre o volume de precipitação direta da estação chuvosa em comparação com a estação seca da precipitação de bordas (Figura 9).



**Figura 9.** Precipitação de bordas e direta em períodos chuvosos (abr-jun) e secos (jul-dez).

O teste de regressão linear entre a precipitação direta tanto para borda 67 quanto para a precipitação 126 foram significativos com parâmetros de  $r^2 > 0,95$  e  $p < 0,01$  (Tabela 12). Ou seja, o volume de precipitação total exerce relevante influência na quantidade de volume de precipitação de bordas florestais.

**Tabela 12.** Parâmetros da análise de regressão linear entre a precipitação direta (PD) com a precipitação de borda 67 (PB67) e borda 126 (PB126).

	<b>PB67</b>	<b>PB126</b>
<b><math>r^2</math></b>	0,9936	0,9861
<b>Coef. de correlação</b>	0,9972	0,9939
<b>Equação</b>	PB67= 1.0527 + 0.5342* PD	PB126= 1.5394+0,575*PD

Foi aplicada a análise de correlação de Pearson para testar a força da correlação entre o volume e a interceptação da precipitação de bordas.

A análise foi realizada de duas maneiras: primeiro dividindo os volumes de precipitações pelos locais e verificando as correlações entre os parâmetros cruzando-se os locais nas comparações e o segundo de uma forma mais geral, criando uma única variável chamada precipitação e uma única variável chamada interceptação (Tabela 13).

**Tabela 13.** Correlação do volume de precipitação interna e direta com a taxa de interceptação de chuvas da floresta. As interações significativas em destaque.

	Volume 67	Volume 126	Interceptação 67	Interceptação 126	Volume PD	Intercep tação	Volume
Volume 67	1,000						
Volume 126	<b>0,999</b>	1,000					
Intercepta ção 67	0,428	0,407	1,000				
Intercepta ção 126	0,458	0,428	<b>0,929</b>	1,000			
Volume PD	<b>0,997</b>	<b>0,994</b>	0,493	0,519	1,000		
Intercep tação	0,428	0,407	1,000	<b>0,929</b>	0,493	1,000	
Volume	1,000	<b>0,999</b>	0,428	0,458	<b>0,997</b>	0,428	1,000

Não ocorreu relação expressiva entre o volume de precipitação de campo aberto e floresta, a taxa de interceptação de dossel arbóreo.

As correlações encontradas foram entre os volumes sob os diferentes locais de precipitação e entre a interceptação em diferentes bordas.

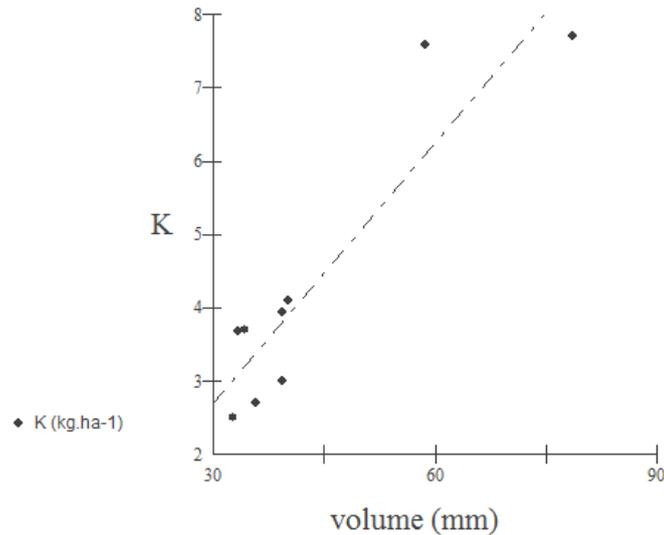
As interceptações de cada borda não mostrou correlação forte com o volume de precipitação, ou seja, o grau de interceptação das bordas é influenciado por outras variáveis desconhecidas. A interceptação da borda 67 ficou em torno de 44, 05% e da borda 126 em 38,55% (Tabela 14).

**Tabela 14.** Análise descritiva do índice de interceptação (I) borda 67 e borda 126.

	I (borda 67)	I (borda 126)
<b>Média</b>	44.0556	38.3556
<b>Erro padrão</b>	0.5657	0.9016
<b>Máxima</b>	47.6	44.5
<b>Mínima</b>	42.1	34.5
<b>Coef. variação</b>	3.85%	7.05%

### 3.9 Deposição de nutrientes e volume de precipitação

O teste de regressão linear entre o volume de chuvas foi significativo para o  $K^+$  (borda 126) de coeficiente de correlação 0.9195,  $p = < 0.0001$  e  $r^2 = > 0,95$  de equação resultante  $K^+ = 0.0483 + 0,4 * \text{volume mensal total}$  (Figura 10).



**Figura 10.** Regressão linear entre o  $K^+$  e volume de precipitação borda 126.

Os nutrientes P,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  via precipitação borda 126 não mostraram influência expressivas em relação o volume.

Para os componentes da precipitação borda 67, a análise de regressão linear não mostrou força suficiente de correlação para o volume. Indicando que o aporte desses elementos possui maior influência de outras variáveis.

## 4. DISCUSSÕES

### 4.1 Deposição do potássio

Com exceção do  $K^+$  todos os nutrientes mantiveram os padrões de deposições sem alterações significativas entre a borda e o interior da FLONA do km 67.

O potássio apresentou maior fluxo na borda 67 do que a área interna florestal e foi o elemento com maior deposição total que os demais nutrientes. O mesmo resultado da abundância de potássio foi o encontrado por Gordon et al., (2000) que observou a alta concentração do nutriente em precipitação sendo as maiores concentrações em precipitação interna.

A alta deposição do potássio pode ser elucidada por sua alta mobilidade, elevada concentração na superfície foliar e a propensão a lixiviação (DEZZEO; CHACON., 2016). Apesar da facilidade de lixiviação este elemento pode ser interferido pelo processo de deposição seca de emissões antrópicas ou biogênicas (LUIZÃO, 2007).

Belterra e Santarém acumulam consideráveis áreas de produção de soja no baixo Amazonas (COSTA, 2015).

O cultivo possui grandes exigências principalmente de nitrogênio, potássio e fósforo este último devido a baixa disponibilidade na composição natural do solo (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013; SILVA; LAZARINI, 2014).

Para o aumento da produtividade do grão os produtores recorrem a adoção de práticas que envolvem a mecanização, incorporação de adubos químicos, defensivo e corretivo do solo (VALE JÚNIOR et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

A soja é uma cultivar de grande exigência de disponibilidade de nutrientes principalmente de potássio que geralmente é suprida com insumos potássicos a base de KCl (cloreto de potássio) (COSTA, 2015). Sugere-se que resquícios provindos das atividades de incorporação de potássio e até mesmo o revolvimento de solo fertilizado tenha influenciado a deposição seca da margem florestal.

A borda 67 apresentou maior índice de deposição total de  $K^+$  do que a borda 126 (Figura 5). A diferença do aporte pode ser explicada pela divergência de variáveis influenciadoras da deposição de potássio entre as precipitações de bordas.

Sendo que o aporte da borda 126 foi significativamente influenciado por volume de precipitação (Figura 10) podendo então assumir que o elemento foi proporcionalmente relacionado com a lixiviação da lavagem na passagem pelo dossel. Uma vez que, o entorno da borda 126 apresenta baixa intensidade de atividades antrópicas.

Já o potássio na borda 67 não mostrou interação forte suficiente com a quantidade de chuvas (Tabela 6). A deposição de  $K^+$  nessa borda mostrou ser suscetível a variação de outras fontes.

Uma das fontes sugerida são as emissões oriundas das atividades de produções agrícolas de seu entorno podendo ter fornecido material para a deposição seca nas margens da floresta.

Tendo em vista que, a borda 67 exibiu a deposição muito elevada em comparação o interior da FLONA (Figura 6). É possível atribuir que as árvores de borda 67 foram mais suscetíveis a deposição seca (resultantes das atividades do entorno) que a vegetação do interior da FLONA.

No geral, o aporte de  $K^+$  foi maior nos meses chuvosos nas precipitações florestais, Chang et al. (2017) explica que o período de maior intensidade de chuva aumenta a concentração do elemento principalmente em ambientes tropicais e subtropicais.

Entre o volume de chuvas mensais total aplicando o teste de regressão linear o potássio da borda 126 teve relação significativa com o volume de chuvas total. O resultado indica que provavelmente o potássio na precipitação da borda controle foi fortemente influenciado pelo volume de chuvas em função da lixiviação (Figura 11).

Oziegbe et al. (2011) explica que a precipitação é extremamente atuante sobre o potássio, pois essa é a via principal de entrada para esse elemento em um ecossistema florestal.

#### **4.2 Deposição de fósforo**

A deposição de fósforo exibiu diferenças significativas entre a precipitação de borda km 67 (maior), borda controle (menor) e precipitação direta (menor) (Figura 4).

Levando em consideração que no âmbito regional atividades antropogênicas influenciam no ciclo de P em florestas (OKIN et al., 2004). Sugere-se que atividades antrópicas do outro lado da rodovia possam ter interferido no aporte do elemento. Principalmente por ação material advindo de fertilizantes incorporado no solo

É sugerido que o sítio do km 67 na FLONA Tapajós por ser perto de intensas produções agrícolas, o aporte de P foi influenciado por uso de insumos fosfatados inorgânicos.

Insumos como os usualmente utilizados na região: os superfosfato triplo, simples e o fosfato monoamônico (MAP) e os de fórmulas N-P-K (SILVA, 2013).

Na região, geralmente os produtores pequenos utilizam P concentrados em fórmulas de N-P-K na forma de  $P_2O_5$  enquanto que os maiores produtores preferem os da ordem dos superfosfatos.

A influência antrópica é evidenciada entre o comportamento entre as bordas, pois a borda 67 mostrou elevado teor de P em comparação a borda controle. Ou seja, mesmo sendo também localizadas as margens da floresta a borda controle apresentou deposição menor que a borda com entorno de intensas atividades antrópicas (Figura 4).

O material resultante das práticas agrícolas possivelmente foi transportado por força de massas de ar no sentido leste - oeste. Fazendo com que esse material fosse retido nos componentes de borda.

As partículas grossas contendo o P conforme Artaxo et al. (2006) possuem a características de ficar suspensas no ar de forma breve e serem propensas a serem depositadas próximas de sua origem de emissão.

#### **4.3 Deposição de nutrientes**

Entre os macronutrientes observados o P foi que mostrou menor retorno, esse comportamento foi o mesmo verificado por Dezzeo e Chacon (2006) que observou que a concentração de P em precipitação direta foi baixa e na interna demonstrou um acréscimo de magnitude leve.

A composição química das chuvas em ambientes tropicais apresenta baixa concentração do nutriente (ARTAXO et al., 2006).

De acordo com Dezzeo e Chacon (2006) esse comportamento sobre o aporte do fósforo é em consequência que a floresta tropical possui pouco teor do nutriente nos solos e nos próprios tecidos vegetativos.

O aporte do P é importante em ecossistema florestal dado a razão que em estudos foi verificado que a produtividade primária de florestas tropicais pode ser limitada pela eficiência da ciclagem de fósforo (ARTAXO et al, 2006).

A baixa do fósforo também pode ser atribuída a uma possível absorção de P pelo componente arbóreo, tal informação é apropriada, pois foi observado que o enriquecimento do nutriente por lavagem das copas foi mais intenso no período seco e chuvoso. No entanto, na transição o fósforo mostrou esgotamento ao escorrer entre a superfície florestal.

No geral, em comparação com aportes de macronutrientes biomas diferentes a deposição via precipitação da FLONA Tapajós apresentou maiores índices de deposições, especialmente o potássio (Tabela 15).

**Tabela 15.** Deposição de nutrientes (kg.ha.<sup>-1</sup>) em diferentes biomas.

	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P	Referência
Gran Sabana (Venezuela)	36,41	5,73	4,81	0,17	Dezzeo e Chacon (2006)
Floresta Ombrófila Densa	52	5	2.9	-	Scheer (2008)
Mata Atlântica	9,37	15,68	14,32	0,27	Diniz et al. (2013)
Floresta Ombrófila Densa Submontana (Paraná, Brasil)	52, 86	6.7	4.43	-	Marques et al. (2015)
Los Tuxtlas (México)	-	-	-	0,96	Sánchez et al. (2016)
<b>FLONA Tapajós km 67</b>	<b>55.40</b>	<b>19.59</b>	<b>10.82</b>	<b>0.95</b>	-

Assumindo que a lixiviação do dossel arbóreo é um relevante fornecedor de K<sup>+</sup> e P (OZIEGBE et al., 2011; SANCHES et al., 2016;). A entrada de nutrientes por precipitação interna para o piso florestal é de extrema importância para a produtividade florestal (MARQUES et al., 2015).

O fluxo de nutrientes em precipitação direta e interna mostrou diferenças expressivas no aporte do P para as margens do km 67 em comparação com a precipitação direta (Figura 4).

Em estudos semelhantes é comum que o índice de nutrientes em throughfall sejam mais acentuadas em relação as precipitações diretas (ADRIAENSSENS et al., 2012; LEQUY et al. 2014; SANCHES et al., 2016).

No entanto, na borda 67 no período de transição o P mostrou esgotamento pela passagem entre o dossel arbóreo. Sousa e Marques (2010) observou também esgotamento em uma floresta ombrófila densas de terras baixas, a tendência da absorção do Ca pelo dossel arbóreo no decorrer da pesquisa, os mesmos autores explicam que florestas de tipologias avançadas possuem maior propensão de absorção de elementos essenciais por folhas.

Os micronutrientes observados no estudo desempenharam relevantes funções como indicadores de possíveis fatores (Tabelas 6,7, 8, 9).

O baixo aporte dos micronutrientes observados foi o mesmo encontrado por OZIEGBE et al. (2011) que observou em sua pesquisa a redução da deposição de ferro, cobre

e zinco via throughfall em relação a decomposição da liteira elucidando que a liteira é a principal via de entrada para esses micronutrientes.

#### **4.4 Influência sob deposição de precipitação**

A correlação positiva do alumínio e ferro borda 67 de 0,6855 (Tabela 6) pode ser explicado por partículas advindas de suspensão do solo e depositadas na superfície dos componentes de margem. Levando em consideração que a composição natural do solo da área de estudo no horizonte B há relevantes concentrações desses elementos pela presença de sesquióxido de ferro e alumínio (RODRIGUES et al., 2001).

Com os resultados, sugere-se que o revolvimento do solo seja por aração, gradagem e limpeza dos solos agro-sistêmicos podem ter desencadeado particulados contribuintes para o processo de deposição seca para a borda 67.

As correlações resultantes entre os micronutrientes da precipitação borda 67  $Fe^{2+}$  com  $Al^{3+}$  e  $Zn^{2+}$  (Tabela 6) podem também reforçar a influência da poeira, pois o revolvimento do solo em profundidade de interesse agrícola desagrega o material carregado com esses micronutrientes. Martins et al. (2011) elucidam que os óxidos de ferro e alumínio apresentam baixa mobilidade em solos superficiais, se concentrando em maior escala na superfície do solo.

Os óxidos ferro e alumínio apresentam um sítio de adsorção que é favorável a associação com outros elementos como zinco e o cobre (MARTINS et al., 2011). Premissa que pode se adequar com as correlações observadas na tabela 6: zinco-ferro = 0,6855 e zinco-alumínio = 0,9632.

O enunciado reforça a influência do revolvimento do solo no processo de deposição seca sobre a precipitação de borda florestal.

#### **4.5 Efeito estacional**

É difícil observar uma tendência em função estacional sobre os fluxos de nutrientes via precipitação, haja vista que são dependentes de muitas variáveis como: componentes químicos da composição da pluviosidade, variação, volume e intensidades de chuvas, além da heterogeneidade das árvores, padrão dos processos convectivos, fertilidade do solo local, emissões de partículas atmosféricas, altitude e longitudes. (SOUSA; MARQUES, 2010).

Saleh et al. (2016) relata que a passagem da precipitação pelo dossel sofre elevada influência nos diferentes extratos da árvore devido a química da folhagem e também pelas estações pois as diferenças no regime de precipitação regula os estádios fenológicos.

#### 4.6 Intercepção e volume

Os valores de intercepção em todas as duas bordas tiveram um índice maior de 40% valor alto em relação aos outros estudos como o realizado por Scheer (2008) em uma floresta de Ombrófila Densa que exibiu a intercepção em torno de 14% e menor em relação ao estudo realizado por Ferreira et al.,(2005) e que a intercepção chegou a 77,7%.

O volume mensal de precipitação direta total foi maior que de precipitação interna (Figura 8). As médias do volume de precipitação direta no período chuvoso e seco foram 66,96 mm e de 38,5 mm respectivamente. No throughfall de bordas (kms 67 e 126) para o período seco e chuvoso foram de 21,98 e 36, 46 km 67 e 126 respectivamente. O volume encontrado foi menor em relação a um em estudo realizado na Amazônia Central que mostrou em um período de 14 meses 2721 mm na precipitação interna (FERREIRA et al., 2005).

#### 4.7 pH

O pH das amostras florestais foram semelhantes as encontradas por Chiwa et al., (2004) e menor que o estudo de Marques et al., (2015) em uma Floresta Ombrófila Densa.

O pH da precipitação de borda 67 apresentou maior constância do que o pH da precipitação direta e precipitações da borda controle. É proposto que as copas das árvores tenham apresentado material alcalino elevando levemente o pH da borda 67 e o mantendo constante.

Uma correlação positiva esperada foi entre o pH e o cálcio. Mais uma vez as atividades antrópicas do entorno podem explicar, pois com uso de corretivos calcários, resíduos de cálcio e magnésio podem influenciar a deposição seca (CHICATI, 2009). A precipitação de borda 126 não apresentou correlação significativa entre o cálcio e o pH (Tabela 7).

## 5. CONCLUSÃO

- Foi possível verificar que a deposição total dos nutrientes seguiu a sequência:  $K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P > Al^{3+} > Fe^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+}$ .
- A deposição de  $K^+$  via precipitação mostrou ser um relevante indicador da ocorrência de efeito de borda no sítio 67 da FLONA Tapajós.
- A precipitação interna mostrou-se como uma importante via de entrada para os macronutrientes principalmente o potássio.
- Os fluxos de potássio e fósforo foram propensos a influências de atividades agrícolas.
- A precipitação florestal demonstrou ser suscetível as atividades antrópicas do seu entorno.

## BIBLIOGRAFIA

- ADRIANENSSENS, S. HANSEN, K., STAELENS, J., WUYTS, K. BAETEN, A. S. L., BOECKX, P., SAMSON., R. VERHEYEN, K.. Throughfall deposition and canopy exchange processes along a vertical gradient within the canopy of beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). **Science of the Total Environment**. v. 420. p. 168-182. 2012.
- ARTAXO, P. OLIVEIRA, P. H.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.21, n.3, p.168-22. 2006.
- CARNOL. M.; BAZGIR, M. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **rev. Forest Ecology and Management**. v. 309. p. 66-75. 2013.
- CHANG. C-T. WANG, L.J.; HUANG, J. C.; LIU, C-P.; LIN, N. H.; WANG, L.; LIN, T, C., Precipitation controls on nutrient budgets in subtropical and tropical forests and the implications under changing climate. **rev. Advances in Water Resources**. vol. 103. p. 44-50. 2017.
- CHICATI, M. L.; NANNI, M. R.; CEZAR, E.; FABRO, F. D. VARIABILIDADE ESPACIAL DE PH NO SOLO E SUA RELAÇÃO COM CÁLCIO E MAGNÉSIO. *Agropecuária técnica*. v. 30, n.2, 2009.
- CHIWA, M., CROSSLEY, A., SHEPPARD L.J., SAKUGAWA, H., CAPE, J.N.. Throughfall chemistry and canopy interactions in a Sitka spruce plantation sprayed with six different simulated polluted mist treatments. **Revista Elsevier** v. 127, p.57–64, 2004.
- COSTA, S. M. G. Sojicultura e mercado de terras na Amazônia. **R. Pol. Públ.** v. 19, n.1, p. 173-185. 2015.
- DEZZEO, N. CHACON, N.; Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall, and stemflow in adjacent primary and secondary forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. *Forest Ecology and Management*. v. 234, p. 218–226. 2006.
- DINIZ, A. R., PEREIRA, M. G., BALIEIRO, F. C., MACHADO, D. L. MENEZES, C. E. PRECIPITAÇÃO E APORTE DE NUTRIENTES EM DIFERENTES ESTÁDIO SUCESSIONAIS DE FLORESTA ATLÂNTICA, PINHEIRAL - RJ. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 389-399. 2013.
- FERREIRA, S. J. F. LUIZÃO, F. J.; MIRANDA, S. A. F.; SILVA, M. S. R.; VITAL, A. R. T. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 59–68, 2005.

GORDON, A. G. A. M. CHOURMOUZIS. C; GORDON A.G. Nutrient inputs in litterfall and rainwater fluxes in 27-year old red, black and white spruce plantations in Central Ontario, Canada. **Forest Ecology and Management**, v. 138, p. 65–78, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Plano de manejo da Floresta Nacional do Tapajós**. vol. 1, 2004.

LEIVAS, J. F. TEIXEIRA, A. H. C.; ANDRADE, R. G.. Estimativa dos fluxos evapotranspiratórios na Floresta Nacional do Tapajós e entorno a partir de imagens de satélite. **II INOVAGRI International Meeting**. 2014.

LEQUY, E.; CARAVUSO, C.; CONIL, S., TURPAULT, M. P.;. Atmospheric particulate deposition in temperate deciduous forest ecosystems: Interactions with the canopy and nutrient inputs in two beech stands of Northeastern France. **rev. Science of the Total Environment**. v. 487. p . 206-215. 2014.

LUIZÃO, F. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, p. 1–6, 2007.

MARTINS, C. A. S; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, M. M. R.; CANDIDO, A. O. A dinâmica de metais-traço no solo. **R. Bras. Agrocência**. v.17, n.34, p. 383-391. 2011.

MARQUES, R.; PIAZZA G. E.; BLUM, H.; PINTO, C.B.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; DICKOW, K. M. C. Contribuição da precipitação interna para o aporte de nutrientes em estágios sucessionais da floresta atlântica no Paraná. **Scientia Agraria**. V. 16, n. 4, p. 80-95. 2015.

OKIN; G.; MAHOWALD, N.; CHADWICK, O. A.; ARTAXO, P. Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 18. 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; JORDAO, L. T.. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **International Plant Nutrition Institute**. n. 143. 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V. **Aptidão Agrícola dos Solos do Município de Belterra, Estado do Pará**. Belém, PA, Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 88. 2001.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; KELLER, M. M.; RAMOS, J. F.; BELDINI, T. P.; CRILL, P. M.; CAMARGO, P; C.; HAREN, J. V.. Chemical analysis of rainfall and throughfall in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará, Brazil. Taubaté. **Revista Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, 2015.

OZIEGBE,, M. B. Muoghalu, J. I.; OKE, S. O. . Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 664-671. 2011.

PELICHIO. A. F. et al. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998–2002). **rev. Elsevier**. n.40. 2006.

RODRIGUES, T. E.; et al. **Caracterização dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará**. Belém PA. Embrapa Amazônia Oriental. v. 115. 2001.

RUSCHEL, A. R. **Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na FLONA Tapajós**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008, 57p. (Documentos, 341).

SALEH, M.; AMIRI, G. Z.; ATTAROD, P.; BRUNNER, I.; SCHLEPPI, P.; THIMONIER, A. Seasonal variations of throughfall chemistry in pure and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Iran). **Annals of Forest Science (2016)**. n. 73, p. 371-380. 2015.

SÁNCHEZ; J. A.; GUZMÁN, G. B.; CAMPO, J.; LEÓN, R. Inorganic nitrogen and phosphorus in stemflow of the palm *Astrocaryum mexicanum* Liebm. located in Los Tuxtlas, Mexico. **Tropical Ecology**. v. 57, p. 45-55. 2016.

SILVA, A. M. LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 25, n. 1, p. 179-192. 2014.

SILVA, R. S. **Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados com solubilidade variada**. TESE (2013) Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". p. 167. 2013.

SHEER, M. B. Fluxo de Nutrientes pela precipitação Pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. **Floresta**, v. 39, p. 117-130. 2009.

SOUZA, L. C.; MARQUES, R. Fluxo de Nutrientes em floresta ombrófila densa das terras baixas no litoral do Paraná. **Revista Floresta**, v. 40, n. 1, p. 125–136, 2010.

TOBÓN, C., SEVINK, J., VERSTRATEN, J. M.. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 70, p. 1–25, 2004.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro.p.123. 1991

VERONA, J. D., SHIMABUKURO, Y. E. **Classificação da cobertura vegetal da região norte da FLONA do Tapajós utilizando a segmentação de imagens-fração** . Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE. 1685-1689. 2005.

YU, H. CHIN, M.; YUAN, T.; BIAN, H.; REMER, L. A. PROSPERO, J. M.; OMAR, A.; WINKER, D.; YANG, Y.; ZHANG, Y.; ZHANG, Z.; ZHAO, C.. The fertilizing role of African dust in the Amazon rainforest: A first multiyear assessment based on data from Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations. **rev. Geophys. Res. Lett.** v. 42, p. 1984-1991. 2015.

## **ANEXO**

Anexo A – Normas de formatação da revista Ambiente & Água.

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### Formatação do texto:

O artigo deverá ser submetido em formato texto (MS Office), não restringido por password para permitir edição. A publicação final será em pdf, html, epdf e xml. O artigo deve ser submetido com as seguintes características:

- **Tamanho da página:** equivalente ao tamanho do papel A4 (210 x 297 mm);
- **Margens (superior, inferior, esquerda e direita):** 2,5 cm;
- **Fonte:** Times New Roman, 12, espaço entrelinhas simples, em uma única coluna, com parágrafos alinhados à esquerda e à direita;
- **Tamanho:** os artigos serão analisados com base na qualidade e contribuição científica. Deverão ter no máximo de 10 páginas incluindo tabelas e figuras, que não devem ultrapassar o número de cinco (figuras mais tabelas). Nosso custo editorial é proporcional ao tamanho do artigo. Assim, artigos maiores são possíveis, porém, páginas adicionais a 10 serão cobradas, contadas após layout padrão da revista e após aceitação do artigo para publicação.
- Nos artigos em inglês, o título, resumo e palavras-chave deverão ser escritos também em português, sempre em ordem alfabética independente do idioma.

### Tabelas e Figuras:

Deverão ser numeradas com algarismos arábicos consecutivos, indicados no texto e anexadas no local do artigo mais próximo e depois da chamada. Os títulos das figuras deverão aparecer na sua parte inferior, antecidos da palavra **Figura** (notar a primeira letra maiúscula e em negrito), um espaço, mais o seu número de ordem em negrito, um ponto e espaço de um caractere, fonte 11, justificado, tabulado nos limites da figura, observando que o título da figura logo abaixo dela, não é em negrito. Os títulos das tabelas deverão aparecer na parte superior e antecidos pela palavra **Tabela** (notar a primeira letra maiúscula e em negrito), um espaço, mais o seu número de ordem (**em negrito**), um ponto e espaço de um caractere, fonte 11, justificado. Nas figuras e tabelas, quando houver uma fonte de referência, a palavra “Fonte:” vem na parte inferior, seguida da referência, fonte 10, justificado. Títulos de tabelas, figuras e a fonte terminam sempre com ponto final. As figuras poderão ser coloridas, porém com boa resolução (300 dpi), contudo, os autores devem explorar todas as possibilidades para que o tamanho do arquivo não fique grande, mas preservando a qualidade das figuras.

As tabelas devem ser sempre inseridas como texto, jamais como figuras/imagens e não usar espaços ou “tabs” para formatar e sim tamanho das células/colunas/linhas. Todas as colunas devem ter um título.

Figuras devem ter fontes legíveis, atentar para o tamanho do texto, alta resolução e inseridas como objeto quando se tratar de gráficos. Figuras não devem ter título na parte superior, só a legenda abaixo dela. Certifique-se de que elas sejam editáveis.

É possível inserir imagens em documentos sem deixar os arquivos grandes, basta seguir as instruções abaixo:

Utilize arquivos de imagem em formato JPG, PNG ou GIF. Estes arquivos costumam ter bons padrões de qualidade e não consomem muito espaço em disco e memória;

Para inserir as figuras, não use Copiar/Colar (ou Ctrl+C/Ctrl+V), salve em seu computador as imagens que deseja inserir no documento;

Em seguida, acesse a opção de menu disponível para inserção de imagem do seu editor de texto (Ex: no MSWord e selecione a opção Inserir/Figura/do arquivo) e localize a imagem que deseja inserir no documento. Para finalizar, insira a imagem selecionada no texto.

Figuras que contêm mais de um gráfico ou imagem, designá-los com letras maiúsculas (sem parênteses e sem pontos após as letras) no canto superior esquerdo de cada painel, se possível.

Para as equações, usar o editor de equações e inseri-las como objetos e não como imagens. Devem ser numeradas com a numeração entre parênteses e chamadas previamente no texto. Usar o MS Word 2010 para a edição das equações.

Envie as tabelas separadamente em Excel.

## UNIDADES

- **Unidades de medida:** use sistema internacional com espaço após o número, e.g. 10 m ou, por exemplo, 10 km h<sup>-1</sup>, e não km/h. Observe a consistência toda vez que usar a mesma unidade.
- Verifique todos os símbolos Gregos e todas as figuras cuidadosamente.
- Escreva os números de um a nove por extenso, exceto se forem usados como unidades.
- Use um espaço entre unidades: g L<sup>-1</sup>, e não g.L<sup>-1</sup>, ou gL<sup>-1</sup> exceto % (e.g. 10%) ou o C (15°C).
- Use o formato 24-h para tempo, com quatro dígitos para horas e minutos: 08h00; 15h30.
- **Subtítulos:** quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecedidos de dois números arábicos colocados em posição à esquerda, separados e seguidos por ponto, 12, negrito, alinhados à esquerda.
- **Resumo:** deverá conter os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões, devendo ser compostos de uma sequência corrente de frases em um único parágrafo e conter, **no máximo, 250 palavras.**
- **Citações:** no texto, as citações deverão seguir as recomendações da ABNT-NBR 10520 com as seguintes especificidades:

Colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano entre parênteses, quando o autor fizer parte do texto. Quando o autor não fizer parte do texto, colocar, entre parênteses, o sobrenome, seguido do ano separado por vírgula. Mais de um autor, separam-se os sobrenomes pela conjunção “e”. Mais de dois autores, a expressão et al. é colocada após o primeiro nome, não em itálico. Serão aceitas no máximo 15 referências por artigo, preferencialmente publicados recentemente na base SciELO ([www.scielo.br](http://www.scielo.br)) ou em revistas internacionais de alto impacto (níveis A/B do Qualis CAPES).

- **Exemplos de como citar:**

Jones (2015), Jones e Smith (2009) ou (Jones, 2015; Jones e Smith, 2009), dependendo da construção da sentença. Mais de dois autores: Jones et al. (2014) ou (Jones et al., 2014). Comunicações pessoais ou dados não publicados não devem ser incluídos na lista de referências; assim como Apud (citação indireta) não será aceita.

- **Referências:**

Sempre que a referência tiver dois, citá-lo no final da referência. Seguirão as recomendações da ABNT-NBR 6023, com especificidades da revista.

- **Exemplos de como escrever as referências bibliográficas:**

- **Livros:**

FALKNER, E. **Aerial Mapping: methods and applications**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. 322 p.

- **Capítulos de livros:**

WEBB, H. Creation of digital terrain models using analytical photogrammetry and their use in civil engineering. In: **Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1991. p. 73-84.

- **Artigos em Periódicos Científicos:**

HADDAD, E.; SANTOS, C. L. dos; FRANCO Jr., R. S. Novas perspectivas sobre o Instituto da desapropriação: a proteção ambiental e sua valoração. **Fórum de direito urbano e ambiental**, Belo Horizonte, ano 6, n. 31, p. 17-25, jan./fev. 2007.

MEYER, M. P. Place of small-format aerial photography in resource surveys. **Journal of Forestry**, Washington, v. 80, n. 1, p. 15-17, 1982.

Observar que é importante identificar a cidade da edição e colocar um espaço entre as iniciais dos nomes.

- **Trabalhos apresentados em eventos (Impresso)** (devem ser evitados, se essenciais):

DAVIDSON, J. M.; RIZZO, D. M.; GARBELOTTO, M.; TJOSVOLD, S.; SLAUGHTER, G. W. *Phytophthora ramorum* and sudden oak death in California: II Transmission and survival.

In: SYMPOSIUM ON OAK WOODLANDS: OAKS IN CALIFORNIA'S CHANGING LANDSCAPE, 5. 23-25 Oct. 2001, San Diego, **Proceedings...** Berkeley: USDA Forest Service, 2002. p. 741-749.

- **Trabalhos apresentados em eventos (meio eletrônico)** (devem ser evitados, se essenciais):

COOK, J. D.; FERDINAND, L. D. 2001. Geometric fidelity of Ikonos imagery. In: Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 23-27 Apr., St. Louis. **Proceedings...** St. Louis: ASPRS, 2001. 1 CD-ROM.

- **Teses e Dissertações:** Procurar citar os artigos derivados de teses e dissertações em revistas científicas, se não foram ainda publicados e essenciais, use a forma:

AFFONSO, A. G. **Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens LANDSAT 7 ETM+**, 2003, 120f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

- **Referências de sites na Internet** (não devem ser citadas, se absolutamente essenciais):

DIAZ, H. F. Precipitation trends and water consumption in the southwestern United States. In: United States Geological Survey, 1997, Reston. **Web Conference...** Disponível em: <<http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/diaz/>>. Acesso em: 15 julho 2014.