

## UM FENÔMENO CHAMADO AQUAPLANAGEM

Hilton Rayol Filgueira<sup>1</sup>



Figura 1 – Presença de fenômeno meteorológico<sup>2</sup>

Este trabalho objetiva abordar alguns tópicos importantes que estão envolvidos com a presença de chuva forte sobre o aeródromo, provocando o fenômeno da aquaplanagem, o que requer dos pilotos toda atenção numa operação com a pista contaminada e presença de lâmina d'água.

O fenômeno da aquaplanagem está relacionado à ocorrência de água na interação entre o pavimento e o pneu de uma aeronave. Conforme relatei no início, chuvas de grande intensidade podem provocar a formação de lâmina d'água, aumentando o risco de perda do controle direcional da aeronave, o que pode ter consequências catastróficas.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Hilton Rayol é Piloto de Linha Aérea, Comandante de A320, Mestrando em Segurança de Voo pelo ITA e Especialista Gestão e Direito Aeronáutico pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: [cmt.rayol@gmail.com](mailto:cmt.rayol@gmail.com).

<sup>2</sup> ARWAY. Tudo sobre aviação. *Arway*, [200-]. Disponível em: <https://airway.uol.com.br/>. Acesso em: 23 abr. 2019.

<sup>3</sup> PRADO, Lúcius de Albuquerque. Metodologia analítica para estimativa da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários. *Conexão Sipaer*, v. 3, n. 2, mar./abr. 2012. Disponível em: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/search/authors/view?firstName=Lucius&middleName=de>

A avaliação da profundidade da lâmina d'água requer atenção por parte dos operadores na aviação civil. A *International Civil Aviation Organization* (ICAO) estabelece que medidas corretivas de manutenção devam ser reportadas sempre que for constatada depressão na pista de pouso e decolagem que permita empoçamento de água com lâmina superior a 3 mm acima da superfície do pavimento.<sup>4</sup>

### **Tópicos a serem abordados neste artigo:**

- Definição e a classificação da Aquaplanagem;
- Pista Contaminada por lâmina d'água e;
- Fatores que influenciam para a condição de aquaplanagem;
- Considerações finais.

### **Aquaplanagem**

Não é uma coisa nova na aviação, muito menos uma situação enfrentada exclusivamente por aeronaves a jato. Porém, devido às características desses veículos, esta é uma condição mais problemática quando este tipo de avião enfrenta este fenômeno perigoso. E trata-se de um problema sério.<sup>5</sup>

Quando as rodas da aeronave não conseguem, por algum motivo, ter um contato adequado com a pista, reduzindo assim o atrito necessário para a atuação eficiente dos freios, adota-se o nome genérico de “aquaplanagem”.<sup>6</sup>

Nota-se que esta redução do contato da roda com a pista pode ser por outros fatores fora a água, como neve, lama de neve (*slush*), restos de borracha, gelo etc.<sup>7</sup>

No caso da aquaplanagem causada por água, este fenômeno ocorre devido à formação de uma lâmina d'água entre o pneu e a superfície da pista. À medida que a lâmina d'água

---

%20Albuquerque&lastName=Prado&affiliation=Ag%C3%A2ncia%20Nacional%20de%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil&country=BR>. Acesso em: 15 abr. 2019.

<sup>4</sup> PRADO, Lúcius de Albuquerque. Metodologia analítica para estimativa da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários. **Conexão Sipaer**, v. 3, n. 2, mar./abr. 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/search/authors/view?firstName=Lucius&middleName=de%20Albuquerque&lastName=Prado&affiliation=Ag%C3%A2ncia%20Nacional%20de%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil&country=BR>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

<sup>5</sup> DAVIES, D. P. Handing the Big Jets. Tradução de Sérgio Koch. **Sérgio Koch**, [200-]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/invacivil/temas-ja-discutidos/aquaplanagem>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

<sup>6</sup> Ibidem, loc. cit.

<sup>7</sup> Ibidem, loc. cit.

aumenta, ela levanta o pneu da pista, que, em casos mais graves, pode fazer com que este fique totalmente sem contato com a superfície. Nesta condição, o pneu não é mais capaz de gerar controle direcional ou uma frenagem efetiva da aeronave.<sup>8</sup>

O arrasto nesta situação é muito baixo e seria comparável ao coeficiente de frenagem encontrado por uma aeronave que pousoa em uma pista congelada.<sup>9</sup>



Figura 2 – Operação com pista molhada e escorregadia<sup>10</sup>

De acordo com as classificações, existem três formas de aquaplanagem:

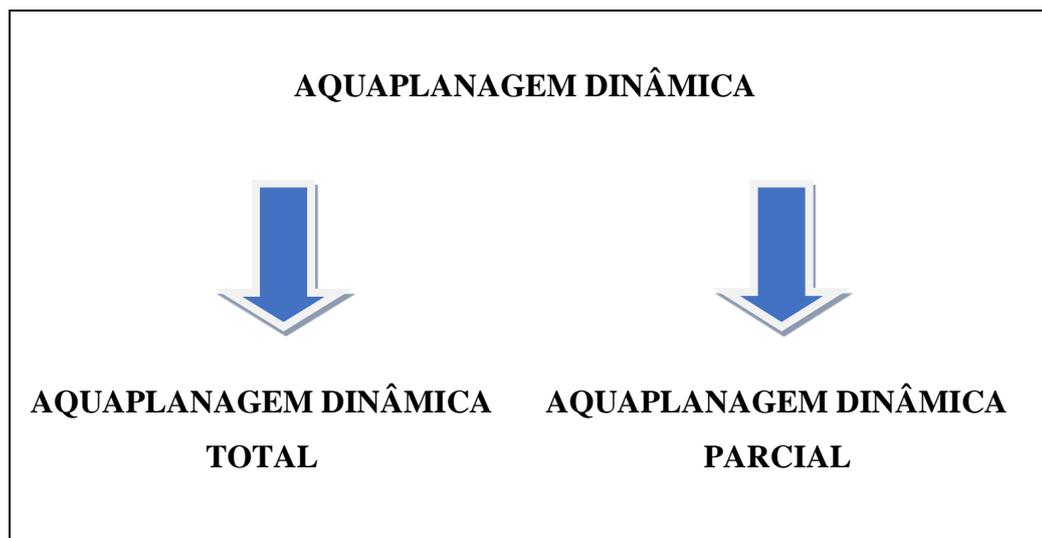


Figura 3 - Classificação de aquaplanagem

<sup>8</sup> DAVIES, D. P. Handling the Big Jets. Tradução de Sérgio Koch. **Sérgio Koch**, [200-]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/invacivil/temas-ja-discutidos/aquaplanagem>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

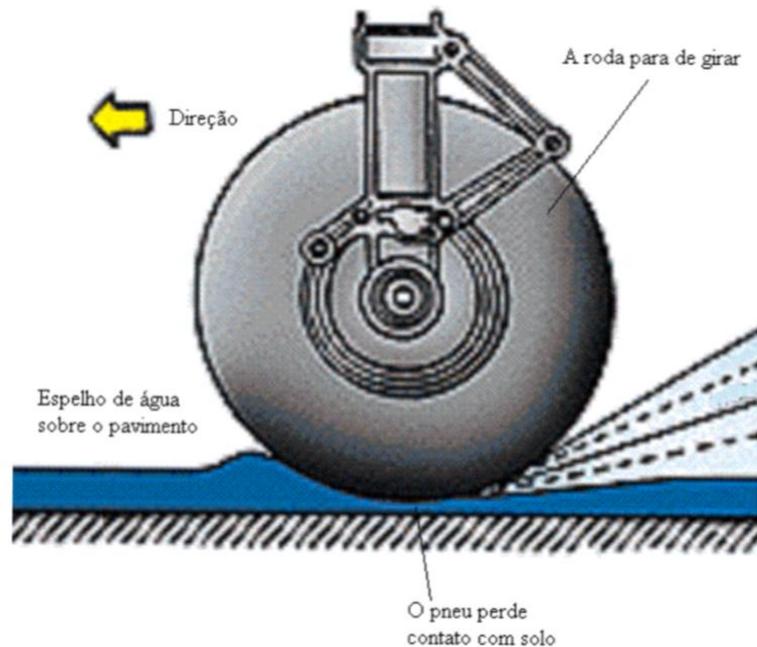
<sup>9</sup> Ibidem, loc. cit.

<sup>10</sup> Pixabay.

Esse tipo de aquaplanagem ocorre quando a água começa a se acumular na parte dianteira de uma roda em movimento até o momento onde ela é literalmente atropelada pela roda, ficando entre o pneu e o pavimento.

Existem vários fatores que influenciam sendo os principais a velocidade, o peso em cima da roda, a profundidade dos sulcos do pneu, a espessura do espelho de água sobre o pavimento.<sup>11</sup>

O maior risco de aquaplanagem é quando ela é total. O pneu não tem mais nenhum contato com o pavimento o que faz a aeronave perder a direção e os freios pois não há atrito neste momento, fazendo a roda parar de girar. Pode danificar o pneu de modo a ter que descartá-lo.<sup>12</sup>



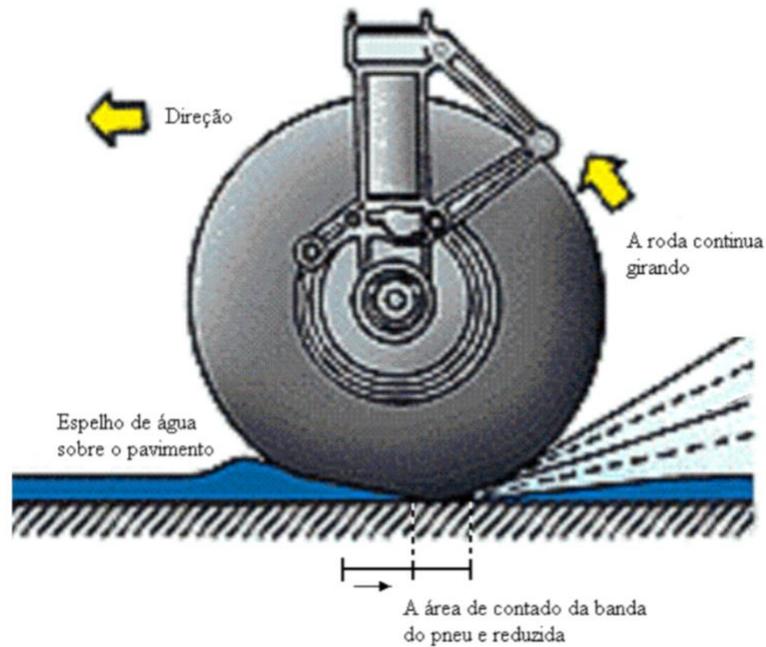
**Figura 4 – Aquaplanagem total**<sup>13</sup>

Na parcial, a roda não para de girar mas perde boa parte da área de contato com o solo, o que reduz a força de frenagem e aumenta o risco de travamento da roda. Se a roda travar, irá danificar o pneu e perder toda a força de frenagem.

<sup>11</sup> BANDEIRA, Cesar Adriano Sprenger; CAVALLI, Luiz Gustavo; LORENZI, Rudimar. Estudo sobre manutenção de pneus aeronáuticos. Paraná: Universidade Tuiuti do Paraná, 2008. Disponível em: <<https://tconline.utp.br/wp-content/uploads/2013/06/ESTUDO-SOBRE-MANUTENCAO-E-INSPECAO.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

<sup>12</sup> Ibidem, loc. cit.

<sup>13</sup> Ibidem, loc. cit.



**Figura 5 – Aquaplanagem parcial**<sup>14</sup>

Ocorrendo uma condição de uma aquaplanagem dinâmica, vale ressaltar que em tal situação, o piloto deve desacelerar a aeronave por meio da potência reversa dos motores, exigindo a sua utilização imediatamente após o pouso, momento em que a sua eficiência é máxima.

### **Aquaplanagem viscosa**

Ocorre quando há a presença de água, poeira, restos de borracha ou óleo, aumentando a viscosidade da pista e dificultando o contato das rodas com a superfície. É muito comum nas situações de ocorrência de chuva recente. Tem como características o fato de poder ocorrer com velocidades bem menores do que na aquaplanagem dinâmica. É também associada a superfícies lisas, com possibilidade de ocorrência na zona de toque da pista, em razão da presença de depósitos de borracha que naturalmente se acumula naquela área.

<sup>14</sup> BANDEIRA, Cesar Adriano Sprenger; CAVALLI, Luiz Gustavo; LORENZI, Rudimar. Estudo sobre manutenção de pneus aeronáuticos. Paraná: Universidade Tuiuti do Paraná, 2008. Disponível em: <<https://tconline.utp.br/wp-content/uploads/2013/06/ESTUDO-SOBRE-MANUTENCAO-E-INSPECAO.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

## Reversão de borracha

É uma hidroplanagem com destruição de borracha dos pneus. É também conhecida como hidroplanagem por vulcanização e ocorre quando os freios são travados em uma pista molhada ou úmida. A fricção entre um pneu que entrou em deslizamento e a superfície da pista gera calor suficiente para transformar a umidade em vapor d'água. O vapor provoca o derretimento da borracha, produzindo pressão sob o pneu e separando-o parcialmente da superfície da pista. O selo formado no pneu acaba atrasando a dispersão de água e o vapor gerado contribui para a aquaplanagem, uma vez que dificulta o atrito entre o pneu e a pista.<sup>15</sup>

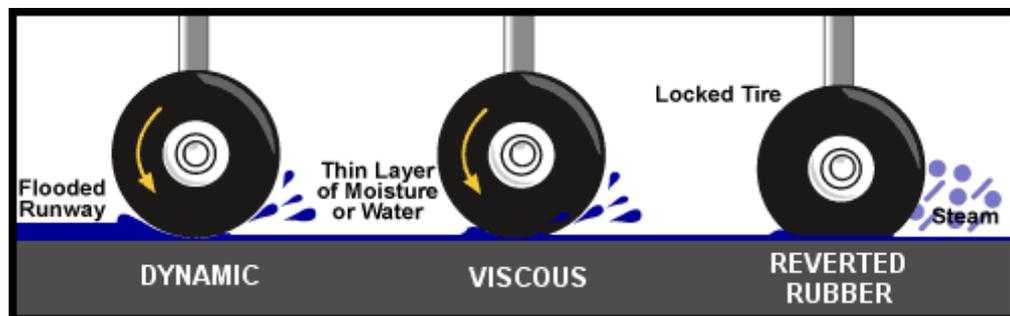


Figura 6 - *Types hydroplaning*<sup>16</sup>

O documento que trata dos requisitos de aderência para pistas de pouso e decolagem no Brasil encontra-se disposto na Resolução nº236 de 05/06/2012 da ANAC.

## Pista contaminada por lâmina d'água

Outro perigo ocasionado por chuvas fortes, principalmente nos períodos de verão no Brasil, é o aumento da probabilidade de acúmulo de lâmina d'água na pista de pouso e decolagem após a ocorrência das pancadas de chuva.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Chuvas. **ANAC**, Brasília, 11 out. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voo/chuvas-fortes#pista>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

<sup>16</sup> AEROSTUDIOS. ALC-34: Manobrando: aproximação e pouso. **Faasafety**, [200-]. Disponível em: <[https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course\\_content\\_popup.aspx?preview=true&cID=34&sID=171](https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course_content_popup.aspx?preview=true&cID=34&sID=171)>. Acesso em: 17 abr. 2019.

<sup>17</sup> BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Op. cit., loc. cit.

Em situação de pista contaminada por acúmulo de lâmina d'água, o excesso de velocidade empregado na aterragem da aeronave pode comprometer a aderência dos pneus ao solo, podendo ocasionar a perda do controle direcional da aeronave.<sup>18</sup>

A aquaplanagem ou hidroplanagem é um fenômeno que ocorre quando o fluido (normalmente água) se interpõe entre o pneu da aeronave e o pavimento. Este fato leva à perda do contato do pneu com a superfície da pista, uma vez que o atrito passa a ser afetado pela viscosidade e pela massa do fluido. Nesses casos, em geral, não há a adequada drenagem do fluido pelos sulcos do pneu.<sup>19</sup>



**Figura 7 – Efeito da aquaplanagem<sup>20</sup>**

A figura acima apresenta uma condição de pista contaminada com acúmulo de lâmina d'água, o que dificulta na frenagem da aeronave com velocidade durante as operações de pouso e decolagem, e nesta condição dois aspectos que vale ressaltar neste artigo.

Um deles diz respeito a falta de aderência do pneu com a pista, e a outra condição é a perda do controle direcional aumentando o risco de um evento com proporções mais graves.

---

<sup>18</sup> BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Chuvas. ANAC, Brasília, 11 out. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voe/chuvas-fortes#pista>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

<sup>19</sup> Ibidem, loc. cit.

<sup>20</sup> Ibidem, loc. cit.

### Fatores que influenciam para a condição de aquaplanagem

Utilizando um modelo de fórmulas simples é possível descobrir a velocidade mínima com que uma aeronave pode entrar na condição de aquaplanagem, e qual sua relação com a pressão dos pneus da aeronave.<sup>21</sup>

Seguem as fórmulas abaixo:

The image shows two formulas for aquaplanage velocity (VH) based on tire pressure (Pressão dos Pneus). The top formula is for takeoff (DECOLAGEM) and the bottom is for landing (POUSO).

$$\text{DECOLAGEM} \\ VH = 9 \times \sqrt{\text{Pressão dos Pneus}}$$

$$\text{POUSO} \\ VH = 7,7 \times \sqrt{\text{Pressão dos Pneus}}$$

Figura 8 - cálculo de velocidade de aquaplanagem<sup>22</sup>

É importante ressaltar que a maior, ou menor, probabilidade de uma aeronave entrar em aquaplanagem depende não apenas de pressão dos pneus e da velocidade de pouso. Fatores como o estado/tipo da banda de rolagem dos pneus, aspereza da pista e condições da mesma influenciam bastante. Uma pista menos áspera e sem *grooving* (ranhuras transversais na pista para ajudar no escoamento de água) são mais propensas a produzir este fenômeno.

O tipo de trem de pouso também influencia. Aeronaves com trem de pouso principal do tipo “tandem”, ou seja, aqueles que possuem quatro ou mais rodas em um dos lados do trem de pouso principal são mais vantajosos, pois as rodas da frente tendem a dispersar a água e assim possibilitando uma melhor ação dos pneus/freios traseiros do trem de pouso. Entretanto o uso deste tipo de trem de pouso é maior em aeronaves de grande porte.

<sup>21</sup> DAVIES, D. P. Handing the Big Jets. Tradução de Sérgio Koch. **Sérgio Koch**, [200-]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/invacivil/temas-ja-discutidos/aquaplanagem>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

<sup>21</sup> Ibidem, loc. cit.

<sup>22</sup> Ibidem, loc. cit.



Figura 9 - Grooving na pista<sup>23</sup>

Na figura acima, podemos observar uma pista utilizando do recurso do *grooving* para um melhor escoamento do acúmulo de água que fica sobre a pista, beneficiando para uma frenagem mais eficiente durante as operações de pouso e decolagem.

Estudos revelam valores que determinam o coeficiente de frenagem para as condições da pista, que são reportadas não só pelos pilotos, mas também pela torre de controle quando da existência de chuva forte sobre o campo, a saber:

- Superfície normal seca – 0,3
- Superfície normal molhada – 0,15
- Superfície congelada – 0,05

### **Considerações finais**

A meteorologia é um dos aspectos que influenciam nas operações de pouso e decolagem, conforme já abordamos no decorrer neste artigo, quando da presença de chuva forte, acarretando a condição de pista escorregadia o que representa um perigo iminente.

Uma avaliação criteriosa por parte do piloto, uma boa coordenação de cabine, comunicação, consciência situacional, percepção dos fatos, tomada de decisão, principalmente

---

<sup>23</sup> BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Chuvas. **ANAC**, Brasília, 11 out. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voou/chuvas-fortes#pista>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

quando as condições de teto e visibilidade estiverem degradando no aeródromo de destino, irão auxiliar o piloto em suas ações decisórias para efetuar as aproximações com segurança.

A figura abaixo traz uma condição de chuva forte, visibilidade reduzida, teto baixo e pista contaminada.



**Figura 10 - aproximação com chuva forte e baixa visibilidade<sup>24</sup>**

Por fim, sabemos que a atividade aérea tem os seus riscos e perigos. Vale ressaltar a importância do uso das ferramentas corretas para voos cada vez mais seguros e eficientes, evitando que o sistema fique numa condição vulnerável.

## Referências

AEROSTUDIOS. ALC-34: Manobrando: aproximação e pouso. **Faasafety**, [200-].

Disponível em:

<[https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course\\_content\\_popup.aspx?preview=true&cID=34&sID=171](https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/course_content_popup.aspx?preview=true&cID=34&sID=171)>. Acesso em: 17 abr. 2019.

ARWAY. Tudo sobre aviação. **Arway**, [200-]. Disponível em: <<https://airway.uol.com.br/>>.

Acesso em: 23 abr. 2019.

BANDEIRA, Cesar Adriano Sprenger; CAVALLI, Luiz Gustavo; LORENZI, Rudimar. Estudo sobre manutenção de pneus aeronáuticos. Paraná: Universidade Tuiuti do Paraná, 2008. Disponível em: <<https://tcconline.utp.br/wp-content/uploads/2013/06/ESTUDO-SOBRE-MANUTENCAO-E-INSPECAO.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

---

<sup>24</sup> BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Chuvas. **ANAC**, Brasília, 11 out. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voou/chuvas-fortes#pista>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Chuvas. **ANAC**, Brasília, 11 out. 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voe/chuvas-fortes#pista>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

DAVIES, D. P. Handing the Big Jets. Tradução de Sérgio Koch. **Sérgio Koch**, [200-]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/invacivil/temas-ja-discutidos/aquaplanagem>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

PRADO, Lúcius de Albuquerque. Metodologia analítica para estimativa da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários. **Conexão Sipaer**, v. 3, n. 2, mar./abr. 2012. Disponível em: <[.http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/search/authors/view?firstName=Lucius&middleName=de%20Albuquerque&lastName=Prado&affiliation=Ag%C3%A2ncia%20Nacional%20de%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil&country=BR](http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/search/authors/view?firstName=Lucius&middleName=de%20Albuquerque&lastName=Prado&affiliation=Ag%C3%A2ncia%20Nacional%20de%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil&country=BR)>. Acesso em: 15 abr. 2019.