



Reflections on the tragedy of horse feed contamination by monocrotaline in Brazil¹

Fábio S. Mendonça^{2*} , Vivian Palmeira³ , Daniel G. Ubiali^{4*} ,
Kezia S. Carvalho⁵ , Daniel Cook⁶ , Dale Gardner⁶ , Franklin Riet-Correa⁷ 

ABSTRACT. Mendonça FS, Palmeira V, Ubiali DG, Carvalho KS, Cook D, Gardner D, Riet-Correa F. **Reflections on the tragedy of horse feed contamination by monocrotaline in Brazil.** *Pesquisa Veterinária Brasileira* 45:e07759, 2025. Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil. E-mail: fabio.mendonca@ufrpe.br, danielubiali@ufrj.br

This article reports the largest equids' mortality from poisonous plants ever recorded worldwide, caused by contamination of a commercial horse feed with *Crotalaria* sp. seeds. Hundreds of horses died across multiple regions of Brazil, characterizing an epizootic, economic, and social crisis of unprecedented magnitude. We describe the clinical and pathological findings, the epidemiological investigation, and the rapid response achieved through cooperation between veterinary diagnostic laboratories and the Brazilian Ministry of Agriculture and Livestock. Beyond the clinicopathological characterization of pyrrolizidine alkaloid poisoning, we also discuss the associated animal and human suffering and estimate direct and indirect economic losses exceeding US\$7 million. Losses included mortality, treatment of affected animals, necropsies, and impacts on sectors linked to the equine industry. Finally, we underscore the importance of differential diagnosis, systematic necropsy procedures, and sample collection for laboratory testing. This feed contamination catastrophe highlights the urgent need for technical managers and quality control professionals to take a leading role in ensuring the safety and traceability of animal feed production.

INDEX TERMS: Veterinary pathology, neuropathology, forensic pathology, toxic plants, *Crotalaria*, equines, poisoning.

¹ Received on September 16, 2025.

Accepted for publication on October 2, 2025.

² Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brazil. *Corresponding author: fabio.mendonca@ufrpe.br

³ Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SIPOA), Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Rua Dom Aquino 2696, Centro, Campo Grande, MS 79002182, Brazil.

⁴ Setor de Anatomia Patológica (SAP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rodovia BR-465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000, Brazil.

*Corresponding author: danielubiali@ufrj.br

⁵ Faculdade de Medicina Veterinária, Centro Universitário Cesmac, Rodovia AL-101 s/n, Praia do Francês, Marechal Deodoro, AL 57160-000, Brazil.

⁶ Poisonous Plant Research Laboratory, Agricultural Research Service (ARS), 1150 East 1400 North, Logan, UT 84341, USA.

⁷ Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal nos Trópicos, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Av. Adhemar de Barros 500, Ondina, Salvador, BA 40170-110, Brazil.

BRIEF HISTORY OF THE INTOXICATIONS

The role of Veterinary Diagnostic Laboratories in collaboration with the Ministry of Agriculture and Livestock of Brazil (MAPA) and the United States Department of Agriculture (USDA)

In Brazil, during the first half of 2025, one of the greatest tragedies in the history of national equine medicine began. Hundreds of equids, mostly horses, were poisoned after consuming commercial feed contaminated with monocrotaline, the principal and most toxic of the pyrrolizidine alkaloids present in species of the genus *Crotalaria* (Fig. 1-3) (Tokarnia et al. 2012, Riet-Correa et al. 2024).

On May 26, 2025, the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA) received, through its ombudsman service, the first notification of possible contamination of the commercial feed Forage Horse, produced by Nutratra Nutrição Animal Ltda. A few days later, on May 30, MAPA inspectors conducted the

first inspection at a rural property located in Elias Fausto, in the State of São Paulo, where equids had died after exhibiting severe neurological signs. On that occasion, a feed distributor was inspected, and the products were seized by the Secretary of Agricultural Defense (SDA/MAPA). In the following days, new reports were received, and in all properties investigated, it was verified that the sick or dead equids had consumed products from the same company. Conversely, horses kept in the same

facilities that did not ingest the allegedly contaminated feed remained healthy (MAPA 2025a).

On May 31, 2025, the team from the Veterinary Pathology Laboratory of the Cesmac University Center (LPV/Cesmac), in Alagoas, was called to investigate the first neurological cases in Northeast Brazil. The team recorded the first deaths of horses and performed two necropsies. On June 3, the Laboratory Animal Diagnosis of the Federal Rural University of Pernambuco (LDA/UFRPE) was invited by LPV/Cesmac to collaborate in investigating



Fig. 1-3. Monocrotaline poisoning in horses. (1) Corn crop planted in winter in consortium with *Crotalaria spectabilis* to combat nematodes and incorporate nitrogen into the soil. After the corn harvest, viable *C. spectabilis* plants were found. Primavera do Leste/MT, September 2025. (2) Flowering of *C. spectabilis*. (3) Fruiting of *C. spectabilis*.

the deaths of Mangalarga Marchador horses that occurred in Alagoas. At this property, a true catastrophe would unfold, with a large part of the herd being decimated in the following months (62 foals, seven mares, and four stallions died). On June 4, MAPA, as a preventive measure, issued Circular-Letter No. 35, which prohibited the consumption of Nutratta Forage Horse feed intended for equines manufactured from March 8, 2025 onward (MAPA 2025b). On June 5, the LPV/Cesmac and LDA/UFRPE teams conducted six necropsies in foals and adult horses, collected tissue samples for histopathological, biochemical, and toxicological examinations, as well as multiple feed samples for toxicological analysis. On the same day, the Department of Inspection of Products of Animal Origin (DIPOA/MAPA) notified the Anatomic Pathology Sector of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (SAP/UFRRJ) about horse deaths in the State of Rio de Janeiro.

Given the pre-existing cooperation between LDA/UFRPE and SAP/UFRRJ in diagnosing diseases of farm animals, both laboratories notified DIPOA/MAPA of the suspected contamination of the feed supplied to the horses. Multiple institutions began working together to elucidate the disease's etiology. The initial hypotheses included ionophore antibiotic intoxication, leukoencephalomalacia, aflatoxicosis, or poisoning by toxic plants.

On June 6, the SAP/UFRRJ team visited an equestrian club in Volta Redonda, Rio de Janeiro, where all 50 horses raised for equestrian sports were fed the same brand of commercial feed supplied in Alagoas. Of the 50 horses that consumed the feed, 36 died. In both properties, the horses exhibited varying degrees of a disease that initially caused prostration and hyporexia, progressing to neurological signs. The municipal riding school of Volta Redonda/RJ shares facilities and training areas with the equestrian club; however, its 15 horses were fed commercial feed from another company, and none of them became ill or died.

The identification of other commercial brands from the same company involved in the illness and death of horses led to the expansion of the precautionary measures on June 6, with the publication of Circular-Letter No. 36 (CGI/DIPOA/SDA/MAPA) (MAPA 2025c).

On June 7, the SAP/UFRRJ team performed the first necropsy of a horse in this epidemic. On June 11, it issued the first histopathology report containing the morphological diagnosis: "Liver: severe subacute massive centrilobular necrosis with bridging periportal fibrosis." In the report's comments, the possible causes considered included toxic plants, aflatoxins B1, B2, and M (Vesonder et al. 1991), and drugs such as imidocarb dipropionate (Adams 1981). Among the toxic plants, contamination by *Crotalaria spectabilis* (Fabaceae, "rattlebox") (Lacerda et al. 2021), *Senna occidentalis* (Fabaceae, "coffee senna") (Oliveira-Filho et al. 2013), and *Trema micrantha* (Cannabaceae, "Jamaican nettletree") (Bandarra et al. 2010, Lorenzetti et al. 2018) was hypothesized.

In the following days, 15 horses were necropsied; the SAP/UFRRJ team performed five, and 10 were performed by veterinarians outside UFRRJ. The SAP/UFRRJ sampling encompassed the municipalities of Itaguaí/RJ, Resende/RJ, Volta Redonda/RJ, Indaiatuba/SP, Porto Feliz/SP, and São José dos Campos/SP. During this time, the LDA/UFRPE team obtained results similar to those of SAP/UFRRJ, which independently confirmed the consistency of the diagnosis and the uniformity of the gross and histological lesions.

Due to the pattern of lesions found, both laboratories ruled out leukoencephalomalacia and ionophore antibiotic poisoning. The results were then shared with DIPOA/MAPA, which, based on the evidence gathered, consolidated the investigation under the hypothesis of contamination of the commercial feed by seeds of *Crotalaria* sp. or *S. occidentalis*. In this context, DIPOA had already requested that the General Coordination of Laboratories (CGAL/MAPA) expand the scope of feed analyses to include testing for pyrrolizidine alkaloids.

The main clinical signs observed in the equids from all investigated outbreaks included lethargy, ataxia, aggressiveness, circling, incoordination, repetitive and random chewing movements, depraved appetite, disoriented galloping leading the animals to collide with fences and other structures resulting in severe trauma, head pressing (Fig. 4-6), a standing posture with limbs in a wide-based stance (Fig. 7), frequent falls, and prolonged recumbency. Inspection teams visited the farms that had reported feeding the implicated feed and obtained clinical data from 140 horses. The mean age of the affected horses was 35.3 months. The average time between the onset of clinical signs and death was two days. The average time between the first exposure to the feed and the onset of clinical signs was 44.9 days. The average time between the last exposure to the feed and the onset of clinical signs was 12.7 days. As the poisoning cases unfolded, breeders, veterinarians, and other professionals associated with the equine world began reporting worsening clinical signs or new episodes of mortality in different regions of Brazil, especially in the states of Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, and Alagoas, which reinforced the perception of the tragedy. In all these states, the affected equids showed similar clinical signs and had been fed the same commercial feed.

The pattern of hepatic lesions in all necropsies was that of acute to subacute hepatocellular necrosis, characterized by a liver with a clearly evident lobular pattern (Fig. 8-9). In euthanized horses or those examined immediately after death, we identified characteristic brain lesions consisting of swollen astrocytes with enlarged nuclei and margined chromatin, arranged in pairs or small clusters of up to six cells, known as Alzheimer type II astrocytes. These findings allowed us to establish that the neurological signs resulted from hepatic encephalopathy caused by pyrrolizidine alkaloid intoxication (Nobre et al. 2004, Santos et al. 2008, Pierezan et al. 2009, Pimentel et al. 2009, Lucena et al. 2010, Lacerda et al. 2021, Carvalho et al. 2025).

In parallel, DIPOA/MAPA had already initiated a series of toxicological investigations. Official analyses were performed at the Federal Agricultural Defense Laboratories (LFDA/MAPA) to test for pesticides, mycotoxins, pharmaceuticals, anticoccidials, performance enhancers (ionophore antibiotics), and pyrrolizidine alkaloids. The results showed that only monocrotaline (a pyrrolizidine alkaloid) was present in the feed at concentrations sufficient to cause severe clinical disease and death. The other compounds investigated were either undetected or present at levels insufficient to induce poisoning.

On June 25, MAPA published a new Circular-Letter (No. 39) prohibiting the commercialization of all products manufactured by Nutratta Nutrição Animal Ltda. for all animal species (MAPA 2025d). This decision was based on epidemiological, clinicopathological, and laboratory evidence

demonstrating the presence of pyrrolizidine alkaloids, especially monocrotaline, at concentrations capable of causing clinical disease and death in equids.

Furthermore, MAPA audits conducted at the feed factory identified serious manufacturing failures, including the absence of adequate production records and the lack of segregation between cottonseed cake, soybean residue, and hay, rendering

formulation control impossible (Circular-Letter 39; MAPA 2025d). The identification of the use of soybean residue in the feed formulation – an ingredient not authorized on the official list of raw materials (Normative Instruction 110; Brazil 2020) – was decisive during the investigations, since seeds of *Crotalaria* sp. and high concentrations of monocrotaline were found in samples of this raw material (Fig. 10-11).



Fig. 4-7. Monocrotaline poisoning in horses. Alagoas, June 2025. (4) Foal with neurological clinical signs. Minutes before, it presented with ataxia and disoriented gallops, which resulted in entrapment between the wooden fence boards and traumatic injuries. (5) Mare presenting clinical signs of encephalopathy, leaning against the fence and exhibiting random chewing movements with evident signs of pain and suffering. (6) Horse presenting with head pressing against the stall wall. (7) Horse in a standing position with limbs in a spread stance.

In soybean cultivation areas, it is common practice to use *Crotalaria* species (mainly *C. juncea* and *C. spectabilis*) as green manure and cover crops to promote biological nitrogen fixation, nutrient cycling, and nematode suppression. However, when there is no control over the fruiting phase in the cycle of these legumes, some plants may flower and produce viable seeds in the same environment as the soybean crop (Barbosa et al. 2020). In such situations, there is always an imminent risk of contamination of soybean grains with *Crotalaria* spp. seeds during mechanical harvesting, transport, or storage (Ubiali et al. 2011, Lacerda et al. 2021, Cavasani et al. 2024, Ribeiro et al. 2025).

With the diagnostic hypothesis of monocrotaline poisoning confirmed, feed samples collected in Alagoas were sent by LDA/UFRPE to the Poisonous Plant Research Laboratory (United States Department of Agriculture, USDA) for molecular DNA barcoding, which confirmed the presence of chloroplast DNA fragments of *Crotalaria* sp., definitively establishing the causal link between feed contamination and the death of the horses.

On September 2, 2025, the MAPA concluded the investigation and, at the time of writing this article, the establishment remained under full suspension of its activities by the Secretary of Agricultural Defense (MAPA 2025d). The evaluation of these events underscores the importance of cooperation among academic institutions, diagnostic laboratories, and regulatory agencies in responding to large-scale animal health emergencies (Riet-Correa et al. 2025). In this context, coordinated action proved fundamental for the fast identification of the cause, the grounding of regulatory decisions, and the adoption of effective containment measures.

More than an isolated event, this episode of mortality should be understood as a milestone in the consolidation of self-control policies established by Law 14,515/2022, which requires each company to develop, implement, and monitor procedures aimed at ensuring that its products are safe, of

high quality, and in compliance with legal standards (Brazil 2022). With an industrial sector composed of approximately 5,000 registered animal feed factories, MAPA conducts risk-based inspections, establishes Good Manufacturing Practice standards, defines contaminant limits, and regulates authorized raw materials. By formulating feed with raw material prohibited in animal nutrition, the company allowed a highly deleterious hazard to enter its facilities and to be incorporated into the equine feed formulation. This episode demonstrates that failures in the execution of self-control programs can have highly damaging effects. It reinforces the need for stricter manufacturing practices, systematic monitoring of raw materials, and complete traceability throughout the production chain.

ANIMAL AND HUMAN SUFFERING AND THE ECONOMIC LOSSES CAUSED BY MONOCROTALINE INTOXICATION

During the investigations of this monocrotaline poisoning catastrophe, the devastating scale of the episode became evident, not only in terms of animal suffering but also in relation to its profound impact on humans. Hundreds of horses were affected, and each loss represented not only the death of an animal but also the rupture of the emotional bond established with their owners and caretakers. The emotional impact, evidenced by the testimonies of breeders and professionals directly involved, translated into scenes of pain, despair, and helplessness in the face of the rapid clinical progression and the inevitability of death.

In a context in which animal health and welfare are gaining increasing relevance in contemporary veterinary medicine, this tragedy acquires an even deeper meaning. The suffering experienced by the equids was a direct consequence of failures in prevention and control mechanisms, prompting an ethical reflection on the responsibility of all those involved

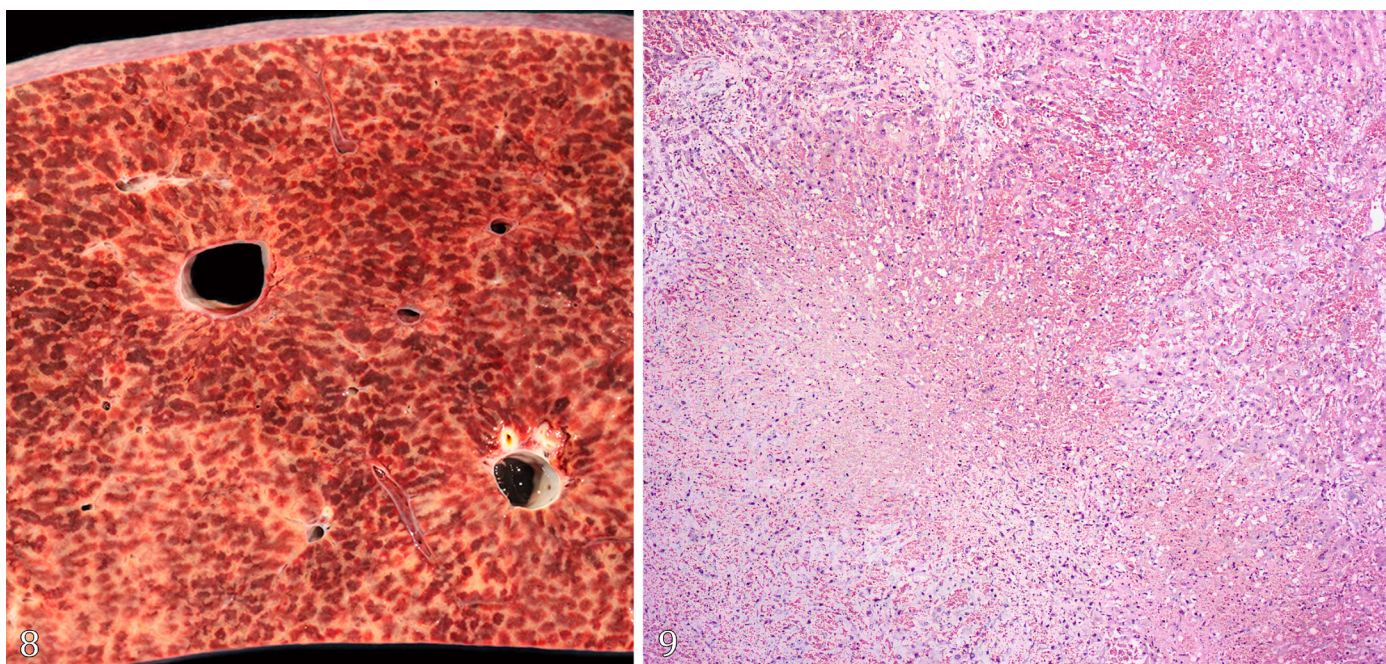


Fig. 8-9. Monocrotaline poisoning in horses, Porto Feliz/SP, July 2025. (8) Liver cut surface showing enhanced diffuse lobular pattern. (9) Histologically, acute centrilobular to massive hepatocellular necrosis was observed, HE, obj. 40x.

in the production chain. At the same time, human suffering manifested not only in witnessing the severe illness and loss of the animals but also in the professional frustration of veterinarians and other professionals who, facing the absence of effective therapies, felt powerless in their ability to intervene.

From an economic perspective, the losses were equally disastrous. The death of animals with high zootechnical and sports value resulted in million-dollar losses for breeders, including irreparable losses of genetic heritage, and severely affected stud farms and training centers, with direct repercussions on entire production chains linked to the equine industry. Added to these losses were the high costs of deploying technical teams, treating sick animals, performing necropsies and laboratory tests, and implementing emergency containment measures. A significant portion of these expenses fell not only on the owners but also on the State, substantially increasing the financial impact of the poisoning.

Reports indicated that equine enterprises closed their operations due to devastating mortality that decimated entire herds, including high-value genetics. The impacts also extended to indirect activities such as equine tourism, equestrian competitions – including show-jumping events and breed exhibitions – as well as employment opportunities associated with daily management, transportation, farriery, veterinary care, and animal nutrition.

Private information on suspected cases of equine poisoning associated with the consumption of contaminated commercial feed was obtained through a group called Equine Collaborative Network 2025, composed of 345 individuals, including horse owners, veterinarians specializing in equine medicine, and veterinary pathologists directly involved in this epidemic. These individuals shared epidemiological, clinicopathological, and toxicological data. The inclusion criteria for this report were: (1) documented use of Nutratta feed originating from the contaminated batches; (2) provision of photographic or video records of equines exhibiting neurological, hepatic, or multisystemic signs; and (3) submission of biochemical profiles indicating liver injury or necropsy reports demonstrating

hepatocellular necrosis. Based on the assessment of this evidence, cases of monocrotaline poisoning were confirmed in the states of Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Alagoas, Rio Grande do Norte, and Santa Catarina. According to these supplementary data, 1,053 equine deaths were recorded, including 986 adults, 52 foals, 14 aborted fetuses from mares exposed to contaminated feed, and one adult mule. The most recent update of these data was on November 10, 2025 (Fig. 12). Therefore, these data were considered complementary to the official MAPA reports.

The epidemiological mapping conducted by MAPA included inspections of affected properties and interviews with professionals, and its purpose was to investigate the causes and origins of the contamination to prevent it from spreading to other animals. MAPA's service channel, the Ombudsman⁸, allowed the cataloging of 284 deaths in which the consumption of at least one batch of feed tested and confirmed positive for pyrrolizidine alkaloids by MAPA was verified. The last count of deaths and illnesses conducted by MAPA was on June 27, 2025 (Fig.-13).

Based on hypothetical reference values, total losses were estimated at between R\$ 7.2 million (≈ US\$1.5 million) and R\$ 46 million (≈ US\$9.3 million). It must also be considered that, if a significant portion of the affected horses belonged to the elite sports or breeding sector, with high added value, the losses could be even greater. This estimate, however, should be interpreted with caution, since some extremely high-value animals (valued in the millions) cannot be used as an average reference for the entire affected herd. Thus, it is concluded that the intoxication went beyond the animal health sphere and constitutes an economic and social crisis, affecting not only large breeders but also small businesses and self-employed workers who depend on equine production for their livelihood.

THE IMPORTANCE OF PYRROLIZIDINE ALKALOID POISONING IN HORSES IN BRAZIL

To date, there are no reports in the specialized literature of pyrrolizidine alkaloid (PA) intoxication in equids directly associated with the consumption of commercial feed. There are, however, reports of contamination of oats used on horse-breeding properties with seeds of *Crotalaria spectabilis* (Lacerda et al. 2021). In swine, poisoning episodes have been associated with the ingestion of commercial feed contaminated with seeds of the same species (Ubiali et al. 2011).

PA poisoning remains one of the most critical health problems affecting domestic herbivores in Brazil and worldwide. Fifteen years ago, an article published in the journal *Pesquisa Veterinária Brasileira*, "Intoxication by pyrrolizidine alkaloids in ruminants and equines in Brazil" (Lucena et al. 2010), provided an updated overview of the epidemiology, clinical signs, pathology, and overall impact of PA-containing plants in farm animals. In addition to this work, other fundamental and more recent references include the books "Doenças de Ruminantes e Equídeos" (Riet-Correa et al. 2023) and "Intoxicaciones por Plantas, Micotoxinas y otras Toxinas en Ruminantes y Équidos de Sudamérica" (Riet-Correa



Fig. 10-11. Monocrotaline poisoning in horses. (10) The product "soybean cleaning process residue" was contaminated with *Crotalaria* sp. seeds. This product constituted 20% of commercial horse feed. (11) We observe the morphology of the seeds of *Crotalaria* sp.

⁸ Accessed on Oct.15, 2025. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/canais-atendimento/ouvidoria>

et al. 2024), which offer an extensive review of the clinical, toxicological, and pathological aspects associated with PAs.

These works gain fundamental relevance as scientific material on PA poisoning in equids and serve as reference sources for veterinary medicine students, graduate students, field veterinarians, and researchers working at the interface of clinical practice, pathology, and veterinary public health. By revisiting these publications, we reinforce the importance of understanding the pathogenesis and diagnosis of PA intoxications, which remain constant challenges for veterinary practice in Brazil. In this section, we succinctly address the main aspects of PAs, with emphasis on the plant species important to horses, the toxicological mechanisms, and the parameters that support diagnosis.

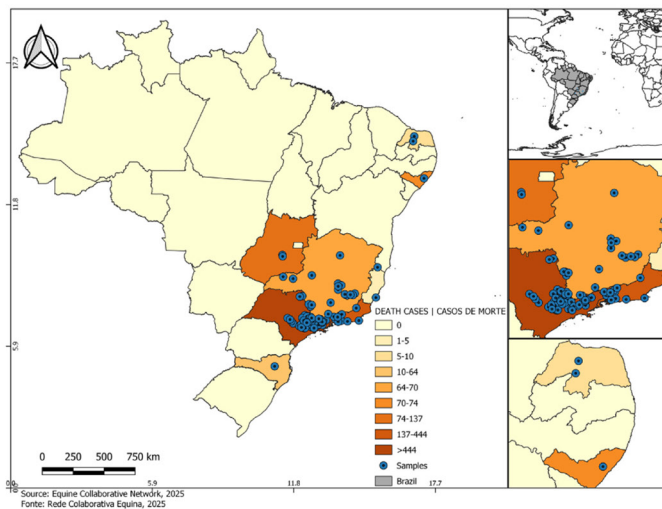
In Brazil, the plants most frequently associated with PA poisoning in horses belong to the genera *Crotalaria* (Fabaceae) and *Senecio* (Asteraceae). Although PA-containing plants remain a significant cause of mortality in cattle in the southern region of the country, with a progressive increase in diagnoses in recent decades (Scheid et al. 2023), intoxication by *Senecio* spp. is relatively uncommon in horses. This lower occurrence is attributed mainly to the more selective grazing behavior of horses and to the low palatability of these plants (Panziera et al. 2017). Outbreaks of *Senecio* spp. poisoning has been reported in the states of São Paulo, Paraná, and Rio Grande do Sul, all of them occurring under grazing conditions (Gava & Barros 1997, Lucena et al. 2010, Panziera et al. 2017). In contrast, intoxications caused by *Crotalaria* spp. can result both from grazing in pastures infested with these plants (Nobre et al. 2004, Tokarnia et al. 2012) and from the contamination of feeds with *Crotalaria* seeds (Lacerda et al. 2021).

Poisoning by *Crotalaria retusa* (“rattlebox”) occurs in the Brazilian semiarid region. It is considered one of the most important poisonous plants for horses in Brazil (Nobre et al. 2004, Assis et al. 2010, Lucena et al. 2010, Pessoa et al. 2013). The high frequency of this intoxication in horses is because

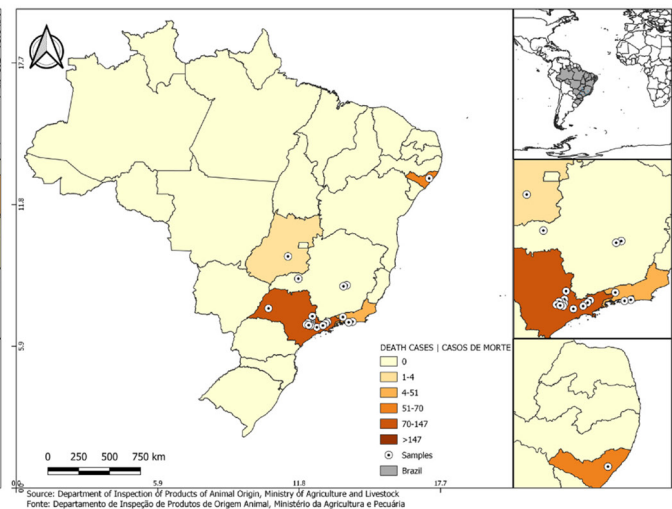
C. retusa is more palatable for horses than for cattle (Nobre et al. 2004). The plant is also quite palatable and toxic for sheep and goats (Riet-Correa et al. 2011), but these species develop resistance after ingestion of non-toxic amounts of PA (Anjos et al. 2010, Maia et al. 2014). However, horses are likely much more susceptible to monocrotaline than sheep. Animals of any age may be affected, and the most frequent form of poisoning occurs through grazing in areas invaded by the plant (Nobre et al. 2004, Assis et al. 2010, Riet-Correa et al. 2011, Maia et al. 2013). In these cases, affected animals present a progressive, chronic form characterized by typical hepatic fibrosis lesions (Lucena et al. 2010).

In the semiarid region, *C. retusa* sprouts during the rainy season, from January to June, in low-lying areas near temporary streams and rivers, being more palatable during the phase of active growth. In the first months of the dry season (July to December), the plant fruits and produces seeds, which contain the highest concentrations of monocrotaline (Nobre et al. 2004, Maia et al. 2013). In November and December, *C. retusa* becomes scarce; however, in irrigated areas, it may be found in different phenological stages throughout the year. During the dry season, horses often graze in humid, low-lying regions in search of forage, where they may ingest the plant (Nobre et al. 2004). In areas where *C. retusa* represents a problem, incidence rates in horses range from 13.3% to 22.7%, with lethality reaching 100% (Riet-Correa et al. 2011, Maia et al. 2013).

Cases of poisoning by *C. spectabilis* (“showy rattlebox”, “showy rattlepod”) have also been reported in horses in the Central-West region of Brazil. Both acute and chronic forms of intoxication may occur. Horses may consume toxic seeds present in feeds or grains contaminated with seeds of *C. spectabilis* or ingest the plant’s leaves directly when there is a shortage of forage (Lacerda et al. 2021). In the reported outbreaks, *C. spectabilis* had been used as green manure or fertilizer in oat crops (Lacerda et al. 2021). The contaminated oat grains were supplied to horses from different



12



13

Fig. 12-13. Monocrotaline poisoning in horses. (12) Unofficial geographic distribution, obtained by the “Equine Collaborative Network, 2025”, in which 1053 cases of equines were associated with monocrotaline poisoning in Brazil linked to the consumption of feed contaminated with *Crotalaria* sp. seeds. (13) Official geographic distribution of those obtained by the Department of Inspection of Products of Animal Origin from the Ministry of Agriculture and Livestock (DIPOA/MAPA) in which 284 equine deaths were associated with monocrotaline poisoning in Brazil, linked to the consumption of feed contaminated with *Crotalaria* sp. seeds.

properties, resulting in severe clinical disease with mortality rates ranging from 18.7% to 60% (Lacerda et al. 2021).

In cases of poisoning in horses by *C. retusa* and *C. spectabilis*, the clinical signs are characteristic of hepatic encephalopathy and include apathy, aimless walking, head pressing against objects, and uncoordinated galloping, as previously described. Less frequently, hepatogenous photosensitization may be observed. At necropsy, the liver is the main affected organ; macroscopically, it shows an irregular surface and accentuated lobular pattern. In addition, hemorrhage of the mucosa of the colon and cecum may occur. Resulting skin and muscle injuries from trauma are commonly associated with severe hepatic encephalopathy (Riet-Correa et al. 2024).

Natural cases of intoxication by ingestion of *Crotalaria juncea* in horses, in grazing conditions, were reported in the State of Pernambuco (Mendonça et al. 2025). However, the primary source of intoxication is contamination of feed with this plant's seeds; horses may also ingest the plant mixed with pasture, especially when it is in the sprouting stage. The period of disease progression was approximately 30 days (Nobre et al. 1994, Mendonça et al. 2025). Experimentally, pneumotoxic effects were reproduced in donkeys and in sheep (Pessoa et al. 2013).

The clinical signs of poisoning by *C. juncea* include anorexia, cyanotic mucous membranes, tachypnea, dyspnea, flared nostrils, open-mouth breathing, abdominal breathing, tachycardia, and reluctance to move (Nobre et al. 1994). The main necropsy findings are non-collapsed lungs with diffusely pale or congested parenchyma, along with subpleural and pulmonary edema (Nobre et al. 1994, Mendonça et al. 2025). On the cut surface, small, whitish nodules, multifocal to coalescent, are seen throughout the lung parenchyma. Other findings include hydropericardium, hydroperitoneum, and hydrothorax (Pessoa et al. 2013, Mendonça et al. 2025).

Histologically, the lesions are characterized by thickening of the alveolar septa, interstitial fibrosis, and alveolar, bronchiolar, and perivascular edema, accompanied by proliferation of type II pneumocytes. Proliferation of club cells (formerly called Clara cells) is also observed, occasionally forming aggregates in the terminal bronchioles (Pessoa et al. 2013, Riet-Correa et al. 2024, Mendonça et al. 2025). Histopathological examination further reveals hepatic changes similar to those seen in other intoxications caused by *Crotalaria* species (Riet-Correa et al. 2024).

The pathogenesis of PA intoxication is based on metabolic bioactivation in the liver, where microsomal enzymes, primarily from the cytochrome P450 system, convert the alkaloids into highly reactive pyrrolic metabolites. These compounds cause an alkylating effect on DNA and proteins, interfering with mitotic processes leading to cellular degeneration, necrosis, and hepatic fibrosis. In chronic cases, the characteristic lesions include hepatomegalocytosis, periportal fibrosis, individual hepatocyte necrosis, and proliferation of bile duct epithelial cells (Riet-Correa et al. 2024).

In the central nervous system, the most notable changes described in horses with neurological signs are swollen, clustered astrocytes (referred to as Alzheimer type II cells), especially adjacent to neuronal perikarya, because of hepatic encephalopathy. These alterations explain the clinical signs observed in intoxicated horses, which include apathy, ataxia, disoriented gait, head pressing, and prolonged recumbency, progressing inexorably to death (Riet-Correa et al. 2024).

The diagnosis of PA poisoning in horses must always be based on the combined evaluation of epidemiological, clinical, and pathological findings. Historically, many outbreaks of intoxication by *Crotalaria* spp. were mistakenly diagnosed as rabies or viral encephalitis due to the predominance of neurological signs. However, identifying toxic plants in pastures or detecting them in feed, along with hepatic lesions and the characteristic histopathological findings, is essential for establishing a definitive diagnosis. It should be emphasized that integrating epidemiological data, clinical observations, necropsy findings, and histopathology is indispensable for distinguishing this condition from other causes of neurological disorders in horses, highlighting the fundamental role of veterinary diagnostic laboratories in outbreak investigations.

Therefore, PA poisoning in horses in Brazil should be recognized as a disease of major health and economic importance. Given the severity of the outbreaks and the potential for clinical confusion with other conditions, early recognition of these cases is crucial for implementing preventive measures, such as controlling toxic plants on properties and strictly monitoring the quality of commercial feeds, thereby reducing the risk of significant losses to the national equine industry.

FORENSIC RELEVANCE OF NECROPSY REPORTS AND ALGORITHM FOR THE DIAGNOSIS OF NEUROLOGICAL AND HEPATIC DISEASES IN HORSES

The clinical presentation of *Crotalaria* spp. poisoning in horses is initially nonspecific, manifesting as subtle signs of apathy that gradually progress to severe prostration over approximately 10 days. In the terminal phase, an acute neurological syndrome develops, lasting 12 to 36 hours, and is characterized by behavioral and neurological disturbances consistent with hepatic encephalopathy. From a laboratory standpoint, the most relevant biochemical abnormalities include marked increases in serum gamma-glutamyl transferase (GGT) and aspartate aminotransferase (AST) activities (Santos et al. 2008, Câmara et al. 2022), reinforcing the correlation with hepatic dysfunction.

It is important to emphasize that the clinical spectrum of this condition requires consideration of multiple differential diagnoses. Neurological disorders of various etiologies must be systematically investigated, especially when hepatic encephalopathy is suspected. In this context, the comprehensive review by Carvalho et al. (2025) provides an updated overview of the main clinicopathological manifestations of neurological diseases in horses in Brazil, offering valuable guidance for differential diagnosis. A reliable diagnosis must be based on multiple lines of corroborative evidence, including a history of exposure to toxic plants, clinical signs compatible with intoxication, characteristic histopathological findings, and confirmation of plant ingestion.

In this scenario, field veterinarians must be adequately trained to recognize and distinguish diseases that simultaneously affect the liver and the central nervous system. The integration of clinical findings, laboratory data, and knowledge of regionally prevalent diseases is essential for accurate diagnosis, which in turn supports the implementation of more effective therapeutic and preventive strategies.

Necropsy and histopathology play a fundamental role as the "gold standard" method for determining the cause of death, validating clinical hypotheses, guiding therapeutic

decisions, and supporting epidemiological surveillance. When performed systematically and with technical rigor, they provide a robust set of evidence that can be integrated with clinical, complementary, and epidemiological information. This approach significantly increases diagnostic accuracy and offers valuable support for owners, clinicians, and health authorities (Brownlie & Munro 2015).

Although Brazil has made significant advances in necropsy practices for farm animals, we observed – particularly in the context of monocrotaline poisoning in horses – deficiencies in necropsy execution across different regions, despite the commitment and goodwill of field professionals. These shortcomings include inadequate performance of necropsy procedures, incorrect collection and preservation of samples, poor evidence handling, failures in recording and describing lesions, insufficient photographic documentation, and inconsistent use of standardized diagnostic tools. Such deficiencies, often resulting from the well-intentioned efforts of professionals without specific pathology training, may compromise the quality of the information obtained and, consequently, the accuracy of the final diagnosis.

As in any diagnostic system, a detailed clinical-epidemiological history is indispensable for investigating diseases that affect the nervous system (Riet-Correa et al. 2017). When a necropsy is performed, complete descriptions of the macroscopic findings and photographic documentation of the affected organs are essential. Organs intended for histopathological evaluation must be fixed correctly in 10% buffered formalin and sent to the pathologist. In most diagnostic necropsies, complementary tests should be conducted according to the clinical hypothesis (Rissi et al. 2010, Riet-Correa et al. 2017). Unfortunately, it is common for samples to be submitted to diagnostic laboratories without essential contextual information, which compromises diagnostic accuracy. Based on our experience, inadequate tissue fixation is also a recurrent issue, usually associated with an insufficient volume of 10% formalin solution.

Macroscopic evaluation of the brain – and, when indicated, the spinal cord or peripheral nerves – can provide crucial evidence for diagnosing neurological diseases. Field necropsy findings must be carefully assessed, and the pathologist is responsible for detailed evaluation upon receipt of the samples. The morphological description must necessarily include histological assessment. In cases of suspected poisoning, a proper necropsy greatly increases the likelihood of a conclusive diagnosis. Toxicological testing is strongly recommended and requires systematic collection of gastrointestinal contents and segments, liver, kidney, fat, serum or plasma, urine, target organs, cardiac clot, and eyes. Environmental samples, such as feed, water, and forage, should also be collected for potential future analyses. Samples destined for toxicology must be refrigerated (2–8 °C) or frozen, as appropriate, to prevent degradation of active compounds. All samples must be properly documented and labeled and submitted to veterinary toxicology laboratories equipped with adequate infrastructure for chemical and molecular analyses – ideally after prior consultation regarding submission requirements (Brownlie & Munro 2015).

Thus, necropsy, comprehensive data collection, and complementary laboratory examinations, including chemical and molecular analyses, represent an integrated approach to systematically determining the cause of death in animals, regardless of etiology. Specifically in cases of monocrotaline poisoning in

horses, the combination of evidence of ingestion of a toxic plant or contaminated feed, development of hepatic or neurological syndromes, alterations in hepatic serum biochemistry, and compatible morphological liver changes (identified by biopsy or necropsy) is essential for establishing a definitive diagnosis.

Similar diseases. The clinical presentation, as well as the macroscopic and histological hepatic lesions observed in *Crotalaria* spp. poisoning in horses is indistinguishable from that caused by *Senecio* spp. (Lucena et al. 2010). *Senna occidentalis* may also produce similar clinical signs and hepatic lesions; however, intoxication can be differentiated by characteristic skeletal muscle necrosis (Oliveira-Filho et al. 2013, Riet-Correa et al. 2024). Intoxication by *Trema micrantha* may also result in hepatocellular necrosis, accompanied by brain lesions characterized by multifocal yellow to brown areas caused by malacia and hemorrhage. In cases of *T. micrantha* poisoning, malacia arises because of vascular injury (Pavarini et al. 2013, Lorenzett et al. 2018, Riet-Correa et al. 2023). In these conditions, epidemiological information is also essential for diagnosis.

Distinct diseases. Leukoencephalomalacia, caused by fumonisins produced by *Fusarium moniliforme* and *Fusarium verticillioides*, primarily induces necrosis and edema of the cerebral white matter, which is easily observed macroscopically and is often associated with asymmetry due to enlargement of the more severely affected cerebral hemisphere (Barros et al. 1984, Echenique et al. 2019). Gross lesions of leukoencephalomalacia are like those caused by *Trypanosoma evansi* infection in horses (Rodrigues et al. 2005, 2009). In this mortality event associated with monocrotaline-contaminated feed, several reports suggested a diagnosis of leukoencephalomalacia; however, none of the macroscopic or histopathological findings were convincing.

The histopathological interpretation of the nervous system is complex, and certain pitfalls of histological examination may lead to confusion between artifacts and true lesions (Rech et al. 2018). Based on our evaluation, most of these diagnostic errors result from misinterpreting clear perivascular artifacts as edema (Wohlsein et al. 2013). Microscopically, the edema associated with leukoencephalomalacia is proteinaceous and characterized by eosinophilic perivascular fluid (Barros et al. 1984, Echenique et al. 2019).

Practical considerations for field necropsy. Veterinarians must keep in mind that proper preparation is essential even before traveling to the site for necropsy and sample collection. This includes planning which materials to bring (knives, scissors, sterile containers, jars with fixative, coolers with reusable ice packs, labels, and forms), understanding the appropriate preservation methods for each sample type, and identifying which laboratories are qualified to perform the intended analyses. This organization ensures the systematic collection and proper preservation of samples, thereby increasing the likelihood of reliable, relevant laboratory results. Ultimately, the success of a diagnosis largely depends on the quality of the necropsy and the samples collected. Therefore, planning, technique, and logistics must be considered essential pillars. To assist with this organization, we present a practical guide.

Preparation and sampling guide for necropsies with suspected intoxication

1. Preliminary preparation

- [] Confirm the clinical and epidemiological history before going into the field.
- [] Identify in advance the laboratories that can receive and process the samples (toxicology, histopathology, microbiology, among others).
- [] Plan the sampling based on the diagnostic hypotheses and bring a sufficient number of containers for each type of sample.
- [] Prepare the documentation: submission forms, identification labels, requisition sheets.

2. Necessary materials

- [] Knives, scalpels, scissors, forceps, portable saw.
- [] Sterile jars (rigid plastic or glass with screw-cap lids).
- [] Containers with 10% buffered formalin for tissues destined for histopathology.
- [] Coolers with reusable ice packs or dry ice for fresh samples.
- [] High-strength, double-sealed plastic bags.
- [] Moisture-resistant labels and permanent markers.
- [] Personal protective equipment (gloves, mask, goggles, coveralls/apron).

3. Systematic sampling

- [] Liver tissue (multiple fragments from different areas).
- [] Kidney, heart, lung, spleen (representative fragments).
- [] Central nervous system (preferably whole brain and spinal cord).
- [] Rumen/stomach contents and intestinal segments.
- [] Blood (serum/plasma) and urine.
- [] Adipose tissue and skeletal muscle (important in cases of intoxication by liposoluble substances).
- [] Environmental samples: feed, forage, silage, water.

4. Correct storage

- [] Tissues for histopathology: fix in 10% buffered formalin, 10:1 ratio, thickness ≤ 1 cm.
- [] Samples for toxicology: refrigerate at 2-8 °C; if not shipped immediately, freeze.
- [] Gastrointestinal contents: collect in a sterile, sealed jar and refrigerate or freeze.
- [] Feed, forage, and water: place in clean, well-sealed bags or containers.

5. Shipping

- [] Separate samples according to the type of test (histopathology, toxicology, microbiology).
- [] Fill out submission forms with complete data: animal ID, clinical history, suspected diagnosis, and type of sample.
- [] Ensure safe transport (cooler or triple packaging, according to biosafety regulations).
- [] Send as soon as possible to the previously contacted reference laboratory.

FINAL CONSIDERATIONS

The mortality caused by monocrotaline in equids recorded in 2025, although catastrophic, proved instructive for Brazilian veterinary medicine. The magnitude of the event – reflected in hundreds of horse deaths, intense animal and human

suffering, and significant economic losses – exposed structural vulnerabilities in the animal feed production chain, while highlighting the importance of cooperative work among universities, diagnostic laboratories, and regulatory agencies. From a scientific standpoint, the rapid elucidation of etiology was only possible thanks to the integration of epidemiological, clinical, pathological, and laboratory data, demonstrating the strength of a collaborative diagnostic model.

From an economic and social perspective, the losses extend far beyond animal mortality, affecting entire production chains within the horse industry and severely impacting small and medium enterprises associated with the sector. The experience reinforces the urgency of stronger mechanisms for input traceability, inspection of feed factories, and standardization of good agricultural practices, especially in soybean cultivation and the management of *Crotalaria* spp. plantations, to reduce the risk of contamination of farm products with toxic plants.

Finally, this episode demonstrates that tragedies of this magnitude should not be interpreted as isolated events, but as catalysts for structural change. It is imperative to transform pain into learning, strengthen public policies for agricultural surveillance and defense, expand the diagnostic culture in the field, and consolidate prevention protocols that safeguard animal health, public health, the economy, and societal well-being. The authors emphasize the need for technical and quality-control personnel to effectively assume leadership in managing manufacturing processes for products intended for animal feed.

Ethical approval.- The present scientific communication is in accordance with Law 11,794/2008, which regulates the Ethics Committees on the Use of Animals (CEUA) and the scientific use of non-human animals in teaching and research. The equine cases that were subjected to euthanasia followed the recommendations of Federal Law 14,228/2021, which addresses euthanasia procedures according to the regulations of the Federal Council of Veterinary Medicine (CFMV 2013). No animal experiments were performed for the present study.

Acknowledgments.- We thank all veterinarians who submitted samples and essential information for the elucidation of this case, as well as the owners, farm workers, stud farm staff, riding center personnel, and stable workers who, with dedication and tireless effort, fought to save the lives of the horses affected by this tragedy. We also extend our recognition to the technical staff of the Ministry of Agriculture and Livestock, whose work was fundamental for conducting investigations and implementing control measures. We thank the attorney Alessandra Agarussi for providing complementary tests and epidemiological data from the monocrotaline intoxication cases (ale.agarussi@gmail.com). We thank the agronomist engineer Niriele Rodrigues for preparing the epidemiological maps. We also thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for financial support under grants numbers 304804/2018-5 and 409116/2021-1.

Aknowledgements to the Secretariat of Agricultural Defense of the Ministry of Agriculture and Livestock, represented by the Secretary Carlos Goulart and Deputy Secretary Allan Rogério de Alvarenga. The following MAPA technicians participated in the investigations: Juliana Satie Becker de Carvalho Chino, Adriana Cavalcanti de Souza, Daniela Pieroti Ferreira, João Heleno Moreira Pimentel, Miguel Soriani Neto, Luís Marcelo Kodawara, Rebeca Dantas Xavier Ribeiro, Ornã Teles da Silva, Robério Alves Machado, Iones José Marques, Rodrigo Di Giovannantonio Graziani, Rogério dos Santos Lopes, Robério Machado, Sérgio Luiz Silva Rezende, Alexandre Gomes Fernandes, Alírio Henrique Duarte, Daniele Aparecida Miranda, José Anselmo Brandão Bastos, Daniel Felipe Filgueira Vianna, Everton de Lima Romão, Livia Uchoa da Silva Almeida, Paula Mattos Sávio de Andrade, Rosane da Conceição

Fabiano Mendes, Juliana Aparecida Cerqueira, Marcos Brandão Barletta, Sandra Mara de Andrade, Maria Claudia de Oliveira Pedrilho, Luciana Paes de Macedo Moura, Júlio César Oliveira de Souza, Ricardo Nogueira Lopes, Fabíola Aparecida de Araújo, Tatiana Pereira Cardoso, Fabrício Pedrotti, Marcos Vinícius de Santana Leal, Heitor Daguer, Rodrigo Barcellos Hoff, Aline Torres Venturini, Fabiano Barreto, Mary Ane Gonçalves Lana, Virna Clemente, Mayana Andrea Rodrigues Valinhos Tomaz, Arilson Lehmkul e Josinete Barros de Freitas. The information contained herein was provided to the researchers by the Department of Inspection of Products of Animal Origin, strengthening the partnership between the Secretariat of Agricultural Defense and the academic community.

We thank all veterinarians outside the universities who submitted samples for histopathological examination or requested the veterinary pathology teams to perform the necropsies: Alexandre Cariello Vilela, Ana Carolina Rocha, Ana Paula da Silva Dotoli Agnelo, Fábio Feitosa, Fabricio Turci Pereira, Letícia Moraes Tavares, Maria Augusta Berhiger, Mariana Mansur, Nayara Farias, Roberta Sargo, Thaís Guirelli, Vitor Sousa.

Conflict of interest statement.- The authors declare that there is no conflict of interest.

Credit author statement.- Fábio Mendonça, Vivian Palmeira, Daniel Ubiali, and Franklin Riet-Correa: Conceptualization. Fábio Mendonça: Writing of the initial version. Fábio Mendonça, Daniel Ubiali, Kezia Carvalho, and Franklin Riet-Correa: Pathological evaluation and interpretation. Vivian Palmeira, Daniel Cook, and Dale Gardner: Toxicological assessment and interpretation. Vivian Palmeira: Field logistics and data leadership. All authors reviewed the final version of the manuscript.

Data availability statement.- The data supporting this study consist of diagnostic records in veterinary pathology and toxicology, under the authors' responsibility.

REFERENCES

- Adams LG. Clinicopathological aspects of imidocarb dipropionate toxicity in horses. *Res Vet Sci*. 1981; [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)32521-9](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)32521-9)
- Anjos BL, Nobre VMT, Dantas AFM, Medeiros RMT, Oliveira Neto TS, Molyneux RJ, Riet-Correa F. Poisoning of sheep by seeds of *Crotalaria retusa*: acquired resistance by continuous administration of low doses. *Toxicon* 2010; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.06.028>
- Assis TS, Medeiros RMT, Riet-Correa F, Galiza GJN, Dantas AFM, Oliveira DM. Intoxicações por plantas diagnosticadas em ruminantes e equinos e estimativa das perdas econômicas na Paraíba. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010000100003>
- Bandarra PM, Pavarini SP, Raymundo DL, Corrêa AMR, Pedroso PM, Driemeier D. *Trema micrantha* toxicity in horses in Brazil. *Equine Vet J* 2010; <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00035.x>
- Barbosa IR, Santana RS, Mauad M, Garcia RA. Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. *Pesq Agropec Trop* 2020; <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5061011>
- Barros CSL, Barros SS, Santos MN, Souza MA. Leucoencefalomalácia em equinos no Rio Grande do Sul. *Pesq Vet Bras* 1984; <https://shre.ink/okvS>
- Brazil. Instrução Normativa 110, de 24 de novembro de 2020. Publica a lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal. Serviço Público Federal (SPF), Secretário de Defesa Agropecuária (SDA), Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Diário Oficial da União, Brasília; 2020.
- Brazil. Lei 14.515, de 29 de dezembro de 2022. Dispõe sobre os programas de autocontrole dos agentes privados regulados pela defesa agropecuária e sobre a organização e os procedimentos aplicados pela defesa agropecuária aos agentes das cadeias produtivas do setor agropecuário; institui o Programa de Incentivo à Conformidade em Defesa Agropecuária, a Comissão Especial de Recursos de Defesa Agropecuária e o Programa de Vigilância em Defesa Agropecuária para Fronteiras Internacionais (Vigifronteiras); altera as Leis nºs 13.996, de 5 de maio de 2020, 9.972, de 25 de maio de 2000, e 8.171, de 17 de janeiro de 1991; e revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 467, de 13 de fevereiro de 1969, e 917, de 7 de outubro de 1969, e das Leis nºs 6.198, de 26 de dezembro de 1974, 6.446, de 5 de outubro de 1977, 6.894, de 16 de dezembro de 1980, 7.678, de 8 de novembro de 1988, 7.889, de 23 de novembro de 1989, 8.918, de 14 de julho de 1994, 9.972, de 25 de maio de 2000, 10.711, de 5 de agosto de 2003, e 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Presidência da República, Secretária-Geral, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Diário Oficial da União, Brasília; 2022. Accessed on Oct. 15, 2025. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114515.htm
- Brownlie HWB, Munro R. The veterinary forensic necropsy: a review of procedures and protocols. *Vet Pathol* 2015; <https://doi.org/10.1177/030098581665585>
- Câmara ACL, Argenta VLS, Moraes DDA, Fonseca EF, Fino TCM, Paludo GR, Soto-Blanco B. Hematological and serum biochemical changes and their prognostic value in horses spontaneously poisoned by *Crotalaria spectabilis*. *Front Vet Sci* 2022; <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.741530>
- Carvalho KS, Barros CSL, Mendonça FS, Machado M, Riet-Correa F. Diseases of the nervous system of equids in Brazil: a review. *J Vet Diagn Invest* 2025; <https://doi.org/10.1177/10406387251325881>
- Cavasani JPS, Dias L, Santos ÍG, Garcia DM, Silva WDM, Ferreira DL, Colodel EM, Furlan FH. *Crotalaria spectabilis* Roth. (Fabaceae, Papilionoideae) seed poisoning in cattle and use of liver biopsy to diagnose subclinical disease. *Pesq Vet Bras* 2024; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7439>
- CFMV. Guia Brasileiro de Boas Práticas para a Eutanásia em Animais: conceitos e procedimentos recomendados. Brasília: Conselho Federal de Medicina Veterinária; 2013. 66p.
- Echenique JVZ, Estima-Silva P, Pereira DB, Marques LS, Ribeiro LS, Schild AL. Leukoencefalomalácia in horses associated with immature corn consumption. *Ciência Rural* 2019; <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180925>
- Gava A, Barros CSL. *Senecio* spp. poisoning of horses in southern Brazil. *Pesq Vet Bras* 1997; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X1997000100006>
- Lacerda MSC, Wilson TM, Argenta VLS, Pinto ÉGA, Macêdo J TSA, Soto-Blanco B, Keller KM, Pedroso PMO, Câmara ACL. *Crotalaria spectabilis* poisoning in horses fed contaminating oats. *Toxicon* 2021; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.04.001>
- Lorenzetti MP, Pereira PR, Bassuino DM, Konradt G, Panziera W, Bianchi MV, Argenta FF, Hammerschmitt ME, Caprioli RA, Barros CSL, Pavarini SP, Driemeier D. Neurotoxicosis in horses associated with consumption of *Trema micrantha*. *Equine Vet J* 2018; <https://doi.org/10.1111/evj.12741>
- Lucena RB, Rissi DR, Maia LA, Flores MM, Dantas AFM, Nobre VMT, Riet-Correa F, Barros CSL. Intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos em ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010000500013>
- Maia LA, Lucena RB, Nobre VMT, Dantas AFM, Colegate SM, Riet-Correa F. Natural and experimental poisoning of goats with the pyrrolizidine alkaloid-producing plant *Crotalaria retusa* L. *J Vet Diagn Invest* 2013; <https://doi.org/10.1177/1040638713495544>
- Maia LA, Pessoa CRM, Rodrigues AF, Colegate SM, Dantas AFM, Medeiros RMT, Riet-Correa F. Duration of an induced resistance of sheep to acute poisoning by *Crotalaria retusa* seeds. *Ciência Rural* 2014; <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000600017>
- MAPA. Mapa confirma 284 mortes de equinos e mantém suspensão total da Nutratra Nutrição Animal. Nota Oficial. Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025a. Accessed on Jul. 23, 2025. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-confirma-284-mortes-de-equinos-e-mantem-suspensao-total-da-nutratta-nutricao-animal>
- MAPA. Ofício-Circular nº 35/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares

- danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Coordenação Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025b. Accessed on Oct. 15, 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/SEL_43036373_Oficio_Circular_35.pdf
- MAPA. Ofício-Circular nº 36/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Continuidade das ações. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Coordenação-Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025c. Accessed on Nov. 10, 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/copy_of_SEL_43118888_Oficio_Circular_362.pdf
- MAPA. Ofício-Circular nº 39/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Continuidade das ações. Proibição de Todos os Produtos, Independentemente da Espécie a que se destinam. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Coordenação Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025d. Accessed on Oct. 15, 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/SEL_43525113_Oficio_Circular_391.pdf
- Mendonça FS, Andrade AC, Lima TS, Fonseca SMC, Silva Filho GB, Melo ET, Santos JRP, Frota MLSL, Amaral MEB, Duarte JMBS, Silva MLV, Lucena KA, Evêncio-Neto J. Spontaneous intoxication by *Crotalaria juncea* in horses in Northeastern Brazil. Proceedings of the 11th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP), Salta, Argentina. 2025.
- Nobre D, Dagli MLZ, Haraguchi M. *Crotalaria juncea* intoxication in horses. *Vet Hum Toxicol* 1994;36(5):445-448. PMID:7839571.
- Nobre VMT, Riet-Correa F, Barbosa Filho JM, Dantas AFM, Tabosa IM, Vasconcelos JS. Intoxicação por *Crotalaria retusa* (Fabaceae) em equídeos no semi-árido da Paraíba. *Pesq Vet Bras* 2004; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2004000300004>
- Oliveira-Filho JP, Cagnini DQ, Badial PR, Pessoa MA, Del Piero F, Borges AS. Hepatoencephalopathy syndrome due to *Cassia occidentalis* (Leguminosae, Caesalpinioideae) seed ingestion in horses. *Equine Vet J* 2013; <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00599.x>
- Panziera W, Bianchi RM, Mazaro RD, Giaretta PR, Silva GB, Silva DRP, Figuera RA. Intoxicação natural por *Senecio brasiliensis* em equinos. *Pesq Vet Bras* 2017; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000400003>
- Pavarini SP, Bandinelli MB, Bassuino DM, Correa GLF, Bandarra PM, Driemeier D, Hohendorff RV, Both MC. Novos aspectos sobre a intoxicação por *Trema micrantha* (Cannabaceae) em equídeos. *Pesq Vet Bras* 2013; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013001100009>
- Pessoa CRM, Pessoa AFA, Maia LA, Medeiros RMT, Colegate SM, Barros SS, Soares MP, Borges AS, Riet-Correa F. Pulmonary and hepatic lesions caused by the dehydropyrrolizidine alkaloid-producing plants *Crotalaria juncea* and *Crotalaria retusa* in donkeys. *Toxicon* 2013; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.05.007>
- Pierezan F, Rissi DR, Rech RR, Figuera RA, Brum JS, Barros CSL. Achados de necropsia relacionados com a morte de 335 equinos: 1968-2007. *Pesq Vet Bras* 2009; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2009000300015>
- Pimentel LA, Oliveira DM, Galiza GJN, Rego RO, Dantas AFM, Riet-Correa F. Doenças do sistema nervoso central de equídeos no semi-árido. *Pesq Vet Bras* 2009; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2009000700015>
- Rech RR, Giaretta PR, Brown C, Barros CSL. Gross and histopathological pitfalls found in the examination of 3,338 cattle brains submitted to the BSE surveillance program in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2018; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6079>
- Ribeiro M, Bianchi IN, Silva WDM, Cavasani JPS, Santos ÍG, Dias L, Colodel EM, Furlan FH. Subacute and chronic toxic hepatopathy in cattle grazing pasture with *Crotalaria spectabilis*. *Vet Pathol* 2025; <https://doi.org/10.1177/03009858241281899>
- Riet-Correa F, Carvalho KS, Dantas AFM, Medeiros RMT. Spontaneous acute poisoning by *Crotalaria retusa* in sheep and biological control of this plant with sheep. *Toxicon* 2011; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2011.09.002>
- Riet-Correa F, Lemos RAA, Guizelini CC. The importance of veterinary diagnostic laboratories for disease surveillance, research, and postgraduate studies in animal health in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2025; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7633>
- Riet-Correa F, Medeiros RMT, Pfister JA, Mendonça FS. Toxic plants affecting the nervous system of ruminants and horses in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2017; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017001200001>
- Riet-Correa F, Micheloud JF, Machado M, Mendonça FS, Schild AL, Lemos RAA. Intoxicaciones por Plantas, Micotoxinas y Otras Toxinas en Ruminantes y Equídeos de Sudamérica. Davis-Thompson Foundation; 2024.
- Riet-Correa F, Schild AL, Lemos RAA, Borges JRJ. Doenças de Ruminantes e Equídeos. 4ª ed. Vols. 1 e 2. Santa Maria: MedVet; 2023.
- Rissi DR, Pierezan F, Oliveira-Filho JC, Lucena RB, Carmo PMS, Barros CSL. Abordagem diagnóstica das principais doenças do sistema nervoso de ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010001100010>
- Rodrigues A, Figuera RA, Souza TA, Schild AL, Soares MP, Milano J, Barros CSL. Surto de tripanossomíase por *Trypanosoma evansi* em equinos no Rio Grande do Sul: aspectos epidemiológicos, clínicos, hematológicos e patológicos. *Pesq Vet Bras* 2005; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2005000400010>
- Rodrigues A, Figuera RA, Souza TM, Schild AL, Barros CSL. Neuropathology of naturally occurring *Trypanosoma evansi* infection of horses. *Vet Pathol* 2009; <https://doi.org/10.1354/vp.46-2-251>
- Santos JCA, Riet-Correa F, Simões SVD, Barros CSL. Patogênese, sinais clínicos e patologia das doenças causadas por plantas hepatotóxicas em ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2008; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2008000100001>
- Scheid HV, Ribeiro LS, Venâncio FR, Bohm BC, Engelmann TM, Brum FRP, Sallis ESV, Schild AL. Evolution of cattle intoxications in southern Rio Grande do Sul: Spatial distribution and trends over 42 years. *Pesq Vet Bras* 2023; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7395>
- Tokarnia CH, Brito MF, Barbosa JD, Peixoto PV, Döbereiner J. Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção. 2ª ed. Rio de Janeiro: Helianthus; 2012.
- Ubiali DG, Boabaid FM, Borges NA, Caldeira FHB, Lodi LR, Pescador CA, Souza MA, Colodel EM. Intoxicação aguda com sementes de *Crotalaria spectabilis* (Leg. Papilionoideae) em suínos. *Pesq Vet Bras* 2011; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000400007>
- Vesonder R, Haliburton J, Stubblefield R, Gilmore W, Peterson S. *Aspergillus flavus* and aflatoxins B₁, B₂, and M₁ in corn associated with equine death. *Arch Environ Contam Toxicol* 1991; <https://doi.org/10.1007/BF01065342>
- Wohlsein P, Deschl U, Baumgärtner W. Nonlesions, unusual cell types, and postmortem artifacts in the central nervous system of domestic animals. *Vet Pathol* 2013; <https://doi.org/10.1177/0300985812450719>



Reflexões sobre a tragédia da contaminação da ração de equinos por monocrotalina no Brasil¹

Fábio S. Mendonça^{2*} , Vivian Palmeira³ , Daniel G. Ubiali^{4*} ,
Kezia S. Carvalho⁵ , Daniel Cook⁶ , Dale Gardner⁶ , Franklin Riet-Correa⁷ 

RESUMO.- Mendonça FS, Palmeira V, Ubiali DG, Carvalho KS, Cook D, Gardner D, Riet-Correa F. **Reflexões sobre a tragédia da contaminação da ração de equinos por monocrotalina no Brasil.** *Pesquisa Veterinária Brasileira* 45:e07759, 2025. Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil. E-mail: fabio.mendonca@ufrpe.br, danielubiali@ufrjr.br

Este artigo descreve a maior mortalidade de equídeos causados por uma intoxicação já registrado no mundo, associado ao consumo de uma ração comercial para cavalos contaminada com sementes de *Crotalaria* sp. Centenas de equinos morreram em diversas regiões do Brasil, caracterizando uma crise epizootica, econômica e social de magnitude sem precedentes. São apresentados os achados epidemiológicos, clínicos e patológicos, bem como a atuação conjunta de laboratórios de diagnóstico veterinário e do Ministério da Agricultura e Pecuária na rápida elucidação do quadro. Além da caracterização clínica e patológica da intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos, o trabalho aborda o sofrimento animal e humano e estima as perdas econômicas diretas e indiretas, que podem ter superado R\$ 40 milhões de reais, considerando a mortalidade, o tratamento de animais doentes, as necropsias e os impactos sobre setores correlatos da equideocultura. Ressalta-se, ainda, a importância do diagnóstico diferencial, da realização adequada de necropsias e da coleta sistemática de amostras para exames laboratoriais. Ao analisar esta catástrofe sanitária, os autores enfatizam a necessidade de que os responsáveis técnicos e de controle de qualidade assumam, de forma efetiva, o protagonismo na condução dos processos de fabricação de produtos destinados à alimentação animal.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Patologia veterinária, neuropatologia, patologia forense, plantas tóxicas, *Crotalaria*, equídeos, intoxicação.

¹ Recebido em 16 de setembro de 2025.

Aceito para publicação em 2 de outubro de 2025.

² Laboratório de Diagnóstico Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brasil. *Autor correspondente: fabio.mendonca@ufrpe.br

³ Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SIPOA), Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Rua Dom Aquino 2696, Centro, Campo Grande, MS 79002182, Brasil.

⁴ Setor de Anatomia Patológica (SAP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rodovia BR-465 Km 7, Seropédica, RJ 23890-000, Brasil.

*Autor correspondente: danielubiali@ufrjr.br

⁵ Faculdade de Medicina Veterinária, Centro Universitário Cesmac, Rodovia AL-101 s/n, Praia do Francês, Marechal Deodoro, AL 57160-000, Brasil.

⁶ Poisonous Plant Research Laboratory, Agricultural Research Service (ARS), 1150 East 1400 North, Logan, UT 84341, USA.

⁷ Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal nos Trópicos, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Av. Adhemar de Barros 500, Ondina, Salvador, BA 40170-110, Brasil.

BREVE HISTÓRICO DAS INTOXICAÇÕES

O papel dos Laboratórios Veterinários de Diagnóstico em colaboração com o Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil (MAPA) e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)

No Brasil, durante o primeiro semestre de 2025, teve início uma das maiores tragédias da história da hipiatria nacional. Centenas de equídeos, em sua maioria cavalos, foram intoxicados após consumirem ração comercial contaminada com monocrotalina, o principal e mais tóxico dos alcaloides pirrolizidínicos presentes em espécies do gênero *Crotalaria* (Fig. 1-3) (Tokarnia et al. 2012, Riet-Correa et al. 2024).

Em 26 de maio de 2025, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) recebeu, por meio de seu serviço de ouvidoria, a primeira notificação de possível contaminação da ração comercial Forage Horse, produzida pela empresa Nutratra Nutrição Animal Ltda. Poucos dias depois, em 30

de maio, fiscais do MAPA realizaram a primeira inspeção em uma propriedade rural localizada em Elias Fausto, no estado de São Paulo, onde equídeos haviam morrido após apresentarem sinais neurológicos severos. Nessa ocasião, um distribuidor da ração foi inspecionado e os produtos foram apreendidos pela Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA/MAPA). Nos dias seguintes, novas denúncias foram recebidas, e em todas as propriedades investigadas verificou-se que os equídeos doentes ou mortos haviam consumido produtos

da mesma empresa. Por outro lado, equinos mantidos nas mesmas instalações que não ingeriram a ração supostamente contaminada permaneceram saudáveis (MAPA 2025a).

Em 31 de maio de 2025, a equipe do Laboratório de Patologia Veterinária do Centro Universitário Cesmac (LPV/Cesmac), em Alagoas, foi acionada para investigar os primeiros casos neurológicos no Nordeste do Brasil. A equipe registrou as primeiras mortes de equinos e realizou duas necropsias. Em 3 de junho, o Laboratório de Diagnóstico Animal da Universidade



Fig. 1-3. Intoxicação por monocrotalina em equinos. (1) Cultura de milho plantada no inverno em consórcio com *Crotalaria spectabilis* para combater nematoides e incorporar nitrogênio no solo. Após a colheita do milho, foram encontradas plantas viáveis de *C. spectabilis*. Primavera do Leste/MT, setembro de 2025. (2) Floração de *C. spectabilis*. (3) Frutificação de *C. spectabilis*.

Federal Rural de Pernambuco (LDA/UFRPE) foi convidado pelo LPV/Cesmac para colaborar na investigação das mortes de cavalos da raça Mangalarga Marchador ocorridas em Alagoas. Nesta propriedade, uma verdadeira catástrofe viria a se instalar, com grande parte do plantel sendo dizimada nos meses seguintes (morreram 62 potros, sete éguas e quatro garanhões). Em 4 de junho, o MAPA, de forma preventiva, publicou o primeiro Ofício-Circular 35, da Coordenação-Geral de Inspeção, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, da Secretaria de Defesa Agropecuária (CGI/DIPOA/SDA/MAPA) que proibiu o consumo das rações Nutratra Foragge Horse dos produtos destinados a equinos fabricados a partir de 8 de março de 2025 (MAPA 2025b). Em 5 de junho, as equipes do LPV/Cesmac e do LDA/UFRPE realizaram seis necropsias em potros e cavalos adultos, coletaram amostras de tecidos para exames histopatológicos, bioquímicos e toxicológicos, além de múltiplas amostras de ração para análise toxicológica. No mesmo dia, o DIPOA/MAPA notificou o Setor de Anatomia Patológica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (SAP/UFRRJ) sobre mortes de equinos no estado do Rio de Janeiro.

Dada a cooperação pré-existente entre o LDA/UFRPE e o SAP/UFRRJ no diagnóstico de doenças em animais de produção, ambos os laboratórios notificaram o DIPOA/MAPA sobre a suspeita de contaminação da ração fornecida aos equinos e passaram a atuar em conjunto para elucidar rapidamente a etiologia da enfermidade. As hipóteses iniciais incluíam intoxicação por antibióticos ionóforos, leucoencefalomalácia, aflatoxicose ou intoxicação por plantas tóxicas.

Em 6 de junho, a equipe da SAP/UFRRJ visitou um clube hípico em Volta Redonda/RJ, onde todos os 50 equinos criados para esportes equestres eram alimentados com a mesma marca de ração comercial fornecida em Alagoas. Dos 50 equinos que consumiram a ração, 36 morreram. Em ambas as propriedades, os equinos apresentaram graus variados de uma doença que inicialmente causava prostração e hiporexia, evoluindo para sinais neurológicos. A escola municipal de equitação de Volta Redonda/RJ compartilha instalações e áreas de treinamento com o clube hípico; no entanto, seus 15 cavalos eram alimentados com ração comercial de outra empresa, e nenhum deles adoeceu ou morreu.

A identificação de outras marcas comerciais da mesma empresa envolvidas em adoecimento e morte de equinos implicaram a ampliação da medida cautelar em 6 de junho, com a publicação do Ofício-Circular 36 (CGI/DIPOA/SDA/MAPA) (MAPA 2025c).

No dia 7 de junho, a equipe do SAP/UFRRJ realizou a primeira necropsia de um equino desta epidemia e, no dia 11 de junho, emitiu o primeiro laudo de histopatologia contendo o diagnóstico morfológico "Fígado: necrose centrolobular massiva subaguda severa com fibrose periportal em ponte". Nos comentários do laudo consideraram-se como possíveis causas: plantas tóxicas, aflatoxinas B1, B2 e M (Vesonder et al. 1991) e medicamentos como dipropionato de imidocarb (Adams 1981). Dentre as plantas tóxicas, hipotetizou-se a contaminação por *Crotalaria spectabilis*, (Fabaceae, "chocalho", "guizo-de-cascavel") (Lacerda et al. 2021), *Senna occidentalis* (Fabaceae, "fedegoso") (Oliveira-Filho et al. 2013) e *Trema micrantha* (Canabaceae, "pau-pólvora") (Bandarra et al. 2010, Lorenzetti et al. 2018).

Nos dias subsequentes, foram submetidos à necropsia 15 equinos; destas, cinco foram realizadas pela equipe do SAP/UFRRJ e dez por veterinários externos à UFRRJ. A amostragem do SAP/UFRRJ abrangeu os municípios de Itaguaí/RJ, Resende/RJ, Volta Redonda/RJ, Indaiatuba/SP, Porto Feliz/SP e São José dos Campos/SP. Neste intervalo, a equipe do LDA/UFRPE obteve resultados similares aos do SAP/UFRRJ, o que confirmou de forma independente a consistência do diagnóstico e a uniformidade das lesões macroscópicas e histológicas.

Devido ao padrão de lesões encontradas, ambos os laboratórios descartaram leucoencefalomalácia e intoxicação por antibióticos ionóforos. Os resultados foram então compartilhados com o DIPOA/MAPA, que, com base nas evidências reunidas, consolidou a investigação sob a hipótese de contaminação da ração comercial por sementes de *Crotalaria* sp. ou *S. occidentalis*. Nesse contexto, o DIPOA já havia solicitado à Coordenação-Geral de Laboratórios (CGAL/MAPA) a ampliação do escopo das análises de rações, incluindo a realização de testes para detecção de alcaloides pirrolizidínicos.

Os principais sinais clínicos observados nos equídeos de todos os surtos investigados incluíram letargia, ataxia, agressividade, andar em círculos, incoordenação, movimentos mastigatórios repetitivos e aleatórios, apetite depravado, galopes desorientados que levavam os animais a colidirem contra cercas e outras estruturas, provocando traumas graves, pressão da cabeça contra objetos (Fig. 4-6), posição de estação com membros em base aberta (Fig. 7), quedas frequentes e decúbito prolongado. As equipes de fiscalização diligenciaram as propriedades rurais que tiveram relatos de alimentação com a ração reclamada e obtiveram dados clínicos de 140 equinos. A idade média dos equinos afetados foi de 35,3 meses. O tempo médio entre o início dos sinais clínicos e a morte foi de dois dias. O tempo médio entre a primeira exposição à ração e o início dos sinais clínicos foi de 44,9 dias. O tempo médio entre a última exposição à ração e o início dos sinais clínicos foi de 12,7 dias. Enquanto os casos de intoxicação se desenrolavam, criadores, médicos-veterinários e outros profissionais ligados ao setor equestre começaram a relatar o agravamento dos sinais clínicos ou a ocorrência de novos episódios de mortalidade em diferentes regiões do Brasil, especialmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Alagoas, o que reforçou a percepção da seriedade da tragédia. Em todos esses estados, os equídeos afetados apresentaram sinais clínicos semelhantes e haviam sido alimentados com a mesma ração comercial.

O padrão de lesão hepática em todas as necropsias foi de necrose hepatocelular aguda a subaguda, caracterizado por fígado com evidênciação do padrão lobular (Fig. 8-9). Nos cavalos eutanasiados ou nos animais examinados imediatamente após a morte, identificamos lesões cerebrais características que consistiam na presença de astrócitos tumefeitos, com núcleos aumentados e cromatina marginada, agrupados em pares ou em pequenos conjuntos de até seis células, conhecidos como astrócitos Alzheimer do tipo II. Esses achados nos permitiram estabelecer a origem dos sinais neurológicos como decorrente de encefalopatia hepática causada por intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos (Nobre et al. 2004, Santos et al. 2008, Pierezan et al. 2009, Pimentel et al. 2009, Lucena et al. 2010, Lacerda et al. 2021, Carvalho et al. 2025).

Paralelamente, o DIPOA/MAPA já havia iniciado uma série de investigações toxicológicas. Análises oficiais foram realizadas nos Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária (LFDA/MAPA) para pesquisa de pesticidas, micotoxinas, medicamentos, anticoccidianos, melhorador de desempenho (antibióticos ionóforos) e alcaloides pirrolizidínicos. Os resultados demonstraram que apenas a monocrotalina

(um alcaloide pirrolizidínico) estava presente na ração em concentrações suficientes para causar doença clínica grave e morte. Os demais compostos investigados não foram detectados ou estavam em níveis insuficientes para induzir intoxicação.

Em 25 de junho, um novo Ofício-Circular (nº 39) foi publicado pela CGI/DIPOA/SDA/MAPA e determinou a proibição da comercialização de todos os produtos fabricados

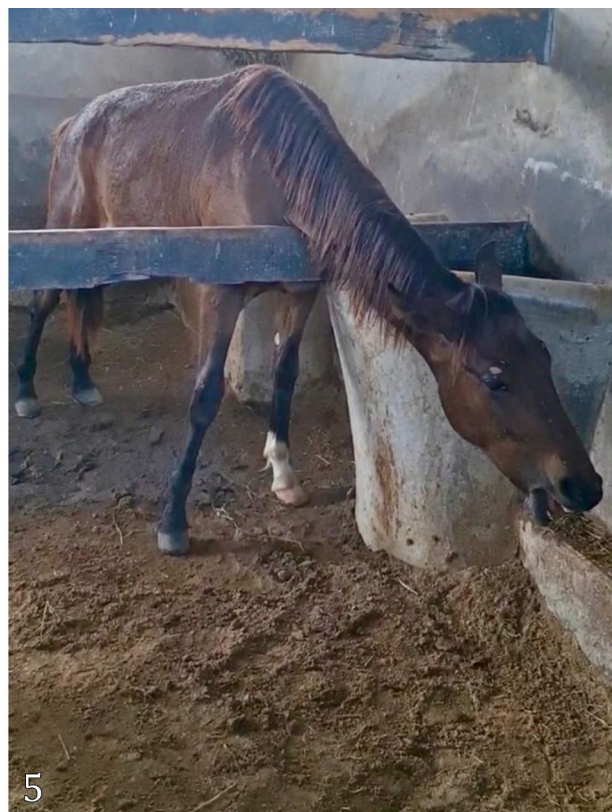


Fig. 4-7. Intoxicação por monocrotalina em equinos. Alagoas, junho de 2025. (4) Potro com quadro neurológico. Minutos antes, apresentava ataxia e galopes desorientados, que resultaram em aprisionamento entre as tábuas de madeira da cerca e subsequentes lesões traumáticas. (5) Égua apresentando sinais clínicos de encefalopatia, apoiada na cerca e exibindo movimentos aleatórios de mastigação com evidentes sinais de dor e sofrimento. (6) Equino apresentando pressão da cabeça contra a parede da baia. (7) Equino em posição de estação com membros em base aberta.

pela empresa Nutratta Nutrição Animal Ltda. (MAPA 2025d) para todas as espécies animais. Essa decisão se baseou em evidências epidemiológicas, clínico-patológicas e laboratoriais que demonstraram a presença de alcaloides pirrolizidínicos, em especial a monocrotalina, em concentrações capazes de causar doença clínica e morte em equídeos.

Além disso, auditorias do MAPA realizadas na fábrica da ração identificaram graves falhas fabris, como ausência de registros adequados de produção, falta de segregação entre torta de algodão, resíduo de soja e feno, impossibilitando o controle da formulação (Ofício-Circular 39; MAPA 2025d). A identificação da utilização de resíduo de soja na formulação da ração, produto não autorizado na lista oficial de matérias-primas (Instrução Normativa 110; Brasil 2020), foi decisiva no curso das investigações, visto que foram encontradas sementes de *Crotalaria* sp. e altas concentrações de monocrotalina nas amostras desta matéria-prima (Fig. 10-11).

Nas áreas de cultivo de soja, é prática comum o uso de espécies de *Crotalaria* (principalmente *C. juncea* e *C. spectabilis*) como adubos verdes e cobertura vegetal, com o objetivo de promover fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes e supressão de nematoides. No entanto, quando não há controle da fase de frutificação no ciclo dessas leguminosas, algumas plantas podem florescer e produzir sementes viáveis no mesmo ambiente do cultivo da soja (Barbosa et al. 2020). Nessas ocasiões, há sempre risco iminente de contaminação dos grãos de soja com sementes de *Crotalaria* spp. durante a colheita mecânica, o transporte ou armazenamento (Ubiali et al. 2011, Lacerda et al. 2021, Cavasani et al. 2024, Ribeiro et al. 2025).

Com a hipótese diagnóstica de intoxicação por monocrotalina confirmada, amostras de ração coletadas em Alagoas foram encaminhadas pelo LDA/UFRPE ao "Poisonous Plant Research Laboratory" ("United States Department of Agriculture", USDA) para realização de "DNA barcoding molecular", que confirmou a presença de fragmentos de DNA cloroplastidial de *Crotalaria*

sp. consolidando de maneira definitiva onexo causal entre a contaminação da ração e a morte dos equinos.

Em 2 de setembro de 2025, a CGI/DIPOA/SDA/MAPA concluiu a investigação e, até o momento da redação deste artigo, o estabelecimento permanecia sob suspensão total de suas atividades pela Secretaria de Defesa Agropecuária (MAPA 2025d). A avaliação destes eventos evidencia a imprescindibilidade da cooperação entre instituições acadêmicas, laboratórios de diagnóstico e órgãos reguladores na resposta a emergências sanitárias de grande escala (Riet-Correa et al. 2025). Nesse contexto, a atuação integrada mostrou-se fundamental para a rápida identificação da causa, o embasamento das decisões regulatórias e a adoção de medidas eficazes de contenção.

Mais do que um evento isolado, este episódio de mortalidade deve ser compreendido como um marco para a consolidação das políticas de autocontrole estabelecidas pela Lei 14.515/2022, que determina que cada empresa elabore, implemente e monitore procedimentos destinados a garantir que seus produtos sejam seguros, de alta qualidade e em conformidade com as normas legais (Brasil 2022). Com um parque industrial composto por aproximadamente 5.000 fábricas registradas de ração animal, o MAPA realiza inspeções baseadas em risco, estabelece normas de Boas Práticas de Fabricação, define limites para contaminantes e regulamenta as matérias-primas autorizadas. Ao formular ração com uma matéria-prima proibida na nutrição animal, a empresa permitiu a entrada de um perigo altamente deletério em suas instalações e sua incorporação à formulação da ração equina. Esse episódio evidencia que falhas na execução dos programas de autocontrole podem ter efeitos altamente danosos e reforça a necessidade de práticas de fabricação mais rigorosas, monitoramento sistemático das matérias-primas e rastreabilidade completa em toda a cadeia produtiva.

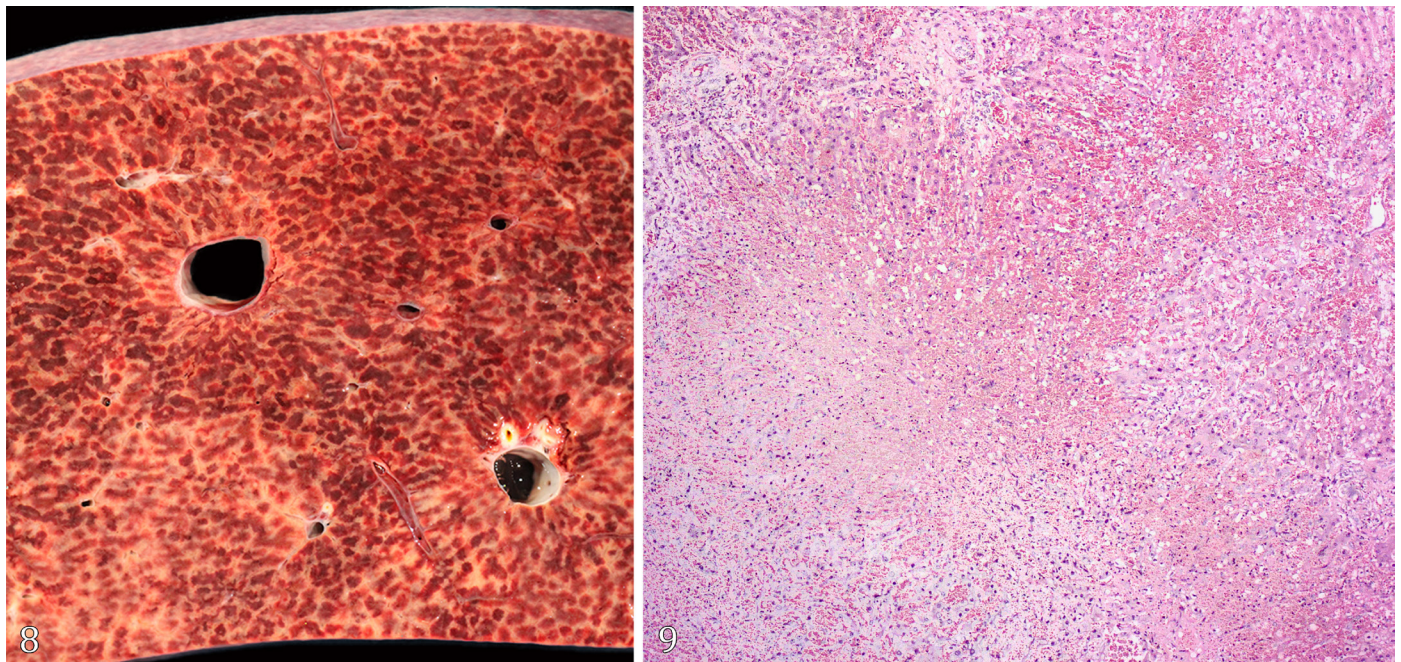


Fig. 8-9. Intoxicação por monocrotalina em equinos. (8) Superfície de corte de fígado com evidência do padrão lobular difusa acentuada. (9) Histologicamente observa-se necrose hepatocelular aguda centrolobular a massiva. HE, obj. 40x.

O SOFRIMENTO ANIMAL E HUMANO E AS PERDAS ECONÔMICAS CAUSADAS PELA INTOXICAÇÃO POR MONOCROTALINA

Durante as investigações desta epidemia de intoxicação por monocrotalina, observou-se a escala devastadora desse episódio, não apenas em termos de sofrimento animal, mas também pelo profundo impacto sobre os seres humanos. Centenas de cavalos foram afetados, e cada perda representou não apenas a morte de um animal, mas também a ruptura do vínculo emocional estabelecido com seus proprietários e cuidadores. O impacto emocional, evidenciado pelos depoimentos de criadores e profissionais diretamente envolvidos, traduziu-se em cenas de dor, desespero e impotência diante da rápida evolução clínica e da inevitabilidade da morte.

Em um contexto no qual a saúde e o bem-estar animal ganham crescente relevância na medicina veterinária contemporânea, essa tragédia adquire um significado ainda mais profundo. O sofrimento vivenciado pelos equídeos foi consequência direta de falhas nos mecanismos de prevenção e controle, suscitando uma reflexão ética sobre a responsabilidade de todos os envolvidos na cadeia produtiva. Paralelamente, o sofrimento humano expressou-se não apenas no testemunho do grave adoecimento e da perda dos animais, mas também na frustração profissional de médicos veterinários e outros profissionais que, diante da ausência de terapias eficazes, sentiram-se impotentes em sua capacidade de intervenção.

Sob a perspectiva econômica, as perdas foram igualmente desastrosas. A morte de animais de alto valor zootécnico e esportivo resultou em prejuízos milionários para os criadores, incluindo perdas irreparáveis de patrimônio genético, além de afetar severamente haras e centros de treinamento, com repercussões diretas sobre cadeias produtivas inteiras ligadas à indústria equestre. A essas perdas se somaram os altos custos relacionados ao deslocamento de equipes técnicas, tratamento dos animais doentes, realização de necropsias e exames laboratoriais, bem como à implementação de medidas emergenciais de contenção. Uma parcela significativa dessas despesas recaiu não apenas sobre os proprietários,

mas também sobre o Estado, ampliando substancialmente o impacto financeiro da intoxicação.

Relatos indicaram que empreendimentos equestres encerraram suas atividades em decorrência da mortalidade devastadora, que dizimou tropas inteiras, incluindo plantéis de alto valor genético. Os impactos também se estenderam a atividades indiretas, como turismo equestre, competições hípicas – incluindo provas de salto e exposições de raças –, além de oportunidades de trabalho associadas ao manejo diário, transporte, ferrageamento, assistência veterinária e nutrição animal.

Informações extraoficiais sobre casos suspeitos de intoxicação equina associados ao consumo de ração comercial contaminada foram obtidas por meio de um grupo denominado “Rede Colaborativa Equina 2025”, composto por 345 indivíduos, incluindo proprietários de cavalos, veterinários especializados em medicina equina e patologistas veterinários diretamente envolvidos nesta epidemia. Esses indivíduos compartilharam informações epidemiológicas, clínico patológicas e até mesmo exames toxicológicos. Foram critérios de inclusão para este relato: (1) comprovar o fornecimento de ração Nutratta pertencente aos lotes contaminados; (2) apresentar registros fotográficos ou vídeos de equídeos com sinais neurológicos, hepáticos ou multissistêmico e (3) encaminhar exames bioquímicos com alterações indicativas de dano hepático ou laudos de necropsia evidenciando necrose hepatocelular. A partir da avaliação desse conjunto de evidências, foi possível confirmar casos de intoxicação por monocrotalina nos estados de Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Alagoas, Rio Grande do Norte e Santa Catarina. Com base nesses dados complementares, contabilizou-se a morte de 1.053 equídeos, sendo 986 adultos, 52 potros, 14 fetos abortados de éguas expostas à ração contaminada e uma mula adulta. A última atualização desses dados foi realizada em 10 de novembro de 2025 (Fig. 12). Portanto, esses dados foram considerados complementares aos relatórios oficiais do Ministério da Agricultura do Brasil (MAPA).

O mapeamento epidemiológico realizado pelo MAPA incluiu o diligenciamento de propriedades afetadas e entrevistas com profissionais e teve como finalidade investigar as causas e a origem do contaminante, para evitar que este chegue a outros animais. O canal de atendimento do MAPA, Ouvidoria⁸, permitiu a catalogação de 284 mortes onde se comprovou o consumo pelos equídeos de, pelo menos, um lote de ração que o MAPA tenha testado e detectado positividade para alcaloides pirrolizidínicos. A última contagem de mortos e adoecimentos realizada pelo MAPA foi feita em 27 de junho de 2025 (Fig. 13).

Com base em valores de referência hipotéticos, as perdas totais foram estimadas entre R\$ 7,2 milhões (≈ US\$1,5 milhão) e R\$ 46 milhões (≈ US\$9,3 milhões). Deve-se considerar ainda que, se uma parcela significativa dos cavalos afetados pertencia ao segmento esportivo ou reprodutivo de elite, com alto valor agregado, as perdas poderiam ser ainda maiores. Esse cálculo, contudo, deve ser interpretado com cautela, pois alguns animais de valor extremamente elevado (avaliados em milhões) não podem ser utilizados como referência média para todo o rebanho afetado. Dessa forma, conclui-se que a intoxicação



Fig. 10-11. Intoxicação por monocrotalina em equinos. (10) O produto “resíduo de processos de limpeza de soja” estava contaminado por sementes de *Crotalaria* sp. Esse produto constituía 20% da ração comercial para cavalos. (11) Observa-se, em maior detalhe, sementes de *Crotalaria* sp.

⁸ Acessado em 15 out. 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/canais_atendimento/ouvidoria

extrapolou a esfera sanitária e configurou-se como uma crise econômica e social, atingindo desde grandes criadores até a base de pequenos negócios e trabalhadores autônomos que dependem da equideocultura para sua subsistência.

A IMPORTÂNCIA DA INTOXICAÇÃO POR ALCALOIDES PIRROLIZIDÍNICOS EM EQUINOS NO BRASIL

Até o momento, não há relatos na literatura especializada de casos de intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos (AP) em equídeos diretamente associados ao consumo de ração comercial. Há, entretanto, relatos de contaminação de aveia utilizada em propriedades de criação de equinos com sementes de *Crotalaria spectabilis* (Lacerda et al. 2021). Em suínos, episódios de intoxicação foram associados à ingestão de ração comercial contaminada com sementes da mesma espécie (Ubiali et al. 2011).

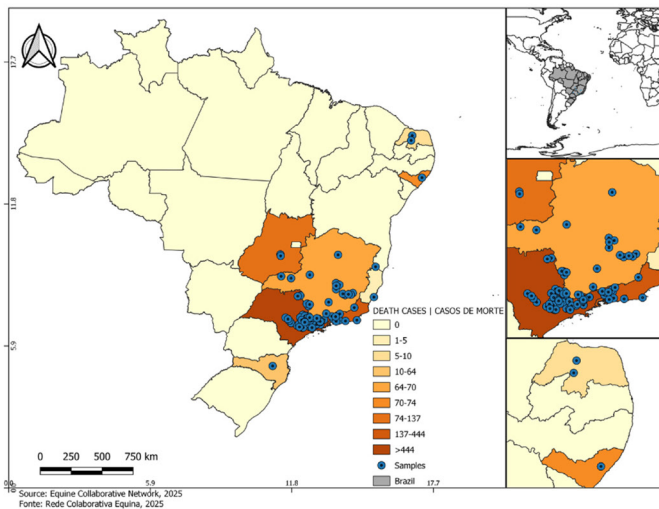
A intoxicação por AP continua sendo um dos mais importantes problemas sanitários que afetam herbívoros domésticos no Brasil e no mundo. Há quinze anos, um artigo publicado na revista Pesquisa Veterinária Brasileira, intitulado “Intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos em ruminantes e equinos no Brasil” (Lucena et al. 2010), apresentou uma visão atualizada da epidemiologia, dos sinais clínicos, patologia e do impacto geral das plantas contendo AP em espécies de produção. Além desse trabalho, outras referências fundamentais mais recentes incluem os livros Doenças de Ruminantes e Equídeos (Riet-Correa et al. 2023) e “Intoxicaciones por Plantas, Micotoxinas y otras Toxinas en Rumiantes y Équidos de Sudamérica” (Riet-Correa et al. 2024), que oferecem ampla revisão sobre os aspectos clínicos, toxicológicos e patológicos associados aos APs.

As obras assumem relevância fundamental como material científico sobre intoxicações por APs em equinos como

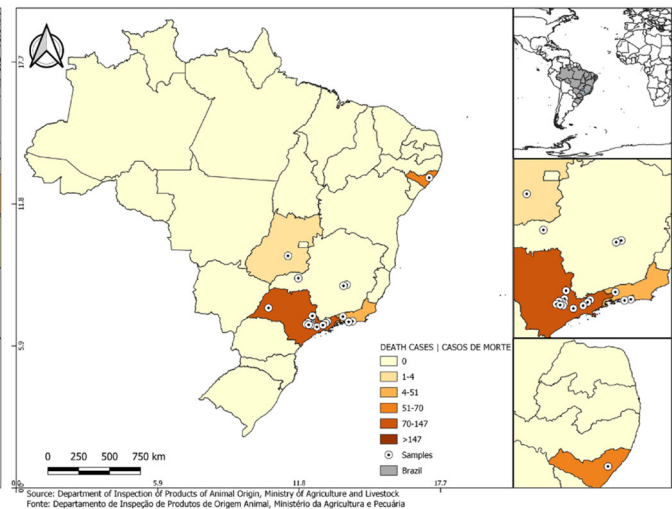
fontes de consulta para estudantes de medicina veterinária, pós-graduandos e para médicos-veterinários de campo e pesquisadores que atuam na interface entre clínica, patologia e saúde pública veterinária. Ao revisitarmos essas publicações, reforçamos a importância de compreender a patogenia e o diagnóstico das intoxicações por APs, que permanecem como desafios constantes para a prática veterinária no Brasil. Neste tópico, abordamos de forma sucinta os principais aspectos relacionados aos APs, com ênfase nas espécies vegetais de maior importância para equídeos, nos mecanismos de ação tóxica e nos parâmetros que fundamentam o diagnóstico.

No Brasil, as plantas mais frequentemente associadas à intoxicação por APs em equinos pertencem aos gêneros *Crotalaria* (Fabaceae) e *Senecio* (Asteraceae). Embora as plantas que contêm APs permaneçam como causa significativa de mortalidade em bovinos na região Sul do país, com aumento progressivo dos diagnósticos nas últimas décadas (Scheid et al. 2023), a intoxicação por *Senecio* spp. é relativamente incomum em equinos. Essa menor ocorrência é atribuída principalmente ao comportamento de pastejo mais seletivo dos equídeos e à baixa palatabilidade dessas plantas (Panziera et al. 2017). Surtos de intoxicação por *Senecio* spp. foram relatados nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, todos ocorrendo em condições de pastejo (Gava & Barros 1997, Lucena et al. 2010, Panziera et al. 2017). Em contraste, as intoxicações causadas por *Crotalaria* spp. podem resultar tanto do pastejo em pastagens infestadas por essas plantas (Nobre et al. 2004, Tokarnia et al. 2012) quanto da contaminação de rações com sementes de *Crotalaria* (Lacerda et al. 2021).

A intoxicação por *Crotalaria retusa* (“guizo-de-cascavel”, “xique-xique”) ocorre no semiárido brasileiro e é considerada uma das plantas tóxicas mais importantes para os equinos no Brasil (Nobre et al. 2004, Assis et al. 2010, Lucena et al. 2010, Pessoa et al. 2013). A alta frequência dessa intoxicação em equinos deve-se ao fato de *C. retusa* ser mais palatável



12



13

Fig. 12-13. Intoxicação por monocrotalina em equinos. (12) Distribuição geográfica extraoficial, obtida pela “Rede Colaborativa Equina 2025”, no qual 1.053 casos de equídeos foram associados com a intoxicação por monocrotalina no Brasil associado ao consumo de ração contaminada por sementes de *Crotalaria* sp. (13) Distribuição geográfica oficial obtida pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Ministério da Agricultura e Pecuária (DIPOA/MAPA) no qual 284 mortes de equídeos foram associados à intoxicação por monocrotalina no Brasil associada ao consumo de ração contaminada por sementes de *Crotalaria* sp.

para essa espécie do que para os bovinos (Nobre et al. 2004). A planta também é bastante palatável e tóxica para ovinos e caprinos (Riet-Correa et al. 2011), mas essas espécies criam resistência após a ingestão de quantidades não tóxicas de AP (Anjos et al. 2010, Maia et al. 2014). No entanto, é provável que os equinos sejam muito mais suscetíveis à monocrotalina do que os ovinos. Animais de qualquer idade podem ser afetados e a forma mais frequente de intoxicação ocorre pelo pastejo em áreas invadidas pela planta (Nobre et al. 2004, Assis et al. 2010, Riet-Correa et al. 2011, Maia et al. 2013). Nestes casos, os animais são afetados, geralmente, por uma forma crônica progressiva, com lesões típicas de fibrose hepática (Lucena et al. 2010).

Na região semiárida, *C. retusa* surge durante a estação chuvosa, de janeiro a junho, em áreas baixas próximas a riachos e rios temporários, sendo mais palatável durante a fase de crescimento. Nos primeiros meses da estação seca (julho a dezembro), a planta frutifica e produz sementes, que contêm as maiores concentrações de monocrotalina (Nobre et al. 2004, Maia et al. 2013). Em novembro e dezembro, *C. retusa* torna-se escassa; contudo, em áreas irrigadas pode ser encontrada em diferentes estágios fenológicos ao longo do ano. Durante a estação seca, os cavalos frequentemente pastejam em áreas úmidas e baixas em busca de forragem, onde podem ingerir a planta (Nobre et al. 2004). Em regiões onde *C. retusa* representa um problema, as taxas de incidência em equinos variam de 13,3% a 22,7%, com letalidade chegando a 100% (Riet-Correa et al. 2011, Maia et al. 2013).

Casos de intoxicação por *C. spectabilis* (“chocalho”, “guizo-de-cascavel”, “chocalho-de-cascavel”) também foram relatados em cavalos na região Centro-Oeste do Brasil. Podem ocorrer tanto formas agudas quanto crônicas de intoxicação. Os cavalos podem consumir sementes tóxicas presentes em rações ou grãos contaminados com sementes de *C. spectabilis*, ou ingerir diretamente as folhas da planta quando há escassez de forragem (Lacerda et al. 2021). Nos surtos relatados, *C. spectabilis* havia sido utilizada como adubo verde ou fertilizante em lavouras de aveia (Lacerda et al. 2021). Os grãos de aveia contaminados foram fornecidos a cavalos de diferentes propriedades, resultando em doença clínica grave com taxas de mortalidade variando entre 18,7% e 60% (Lacerda et al. 2021).

Nos casos de intoxicação por *C. retusa* e *C. spectabilis* em equinos, os sinais clínicos são característicos de encefalopatia hepática e incluem apatia, andar sem direção, pressão da cabeça contra objetos e galopes descoordenados, conforme descrito anteriormente. Menos frequentemente, pode ser observada fotossensibilização hepatógena. À necropsia, o fígado é o principal órgão afetado; macroscopicamente, apresenta superfície irregular e padrão lobular acentuado. Além disso, pode ocorrer hemorragia da mucosa do cólon e do ceco. Lesões cutâneas e musculares resultantes de traumas, associadas à grave encefalopatia hepática, também são comumente observadas (Riet-Correa et al. 2024).

Casos de intoxicação natural por ingestão de *Crotalaria juncea* em cavalos, em condições de campo, foram relatados no estado de Pernambuco (Mendonça et al. 2025). Porém, a principal fonte de intoxicação está relacionada à contaminação dos alimentos por sementes desta planta; contudo, os equinos também podem ingerir a planta misturada ao pasto, especialmente quando se encontra em fase de brotação. O

período de evolução da doença foi de aproximadamente 30 dias (Nobre et al. 1994, Mendonça et al. 2025). Experimentalmente, os efeitos pneumotóxicos foram reproduzidos em asininos e em ovinos (Pessoa et al. 2013).

Os sinais clínicos da intoxicação por *C. juncea* são caracterizados por anorexia, mucosas cianóticas, taquipneia, dispneia, narinas dilatadas, respiração com a boca aberta, respiração abdominal, taquicardia e relutância em se locomover (Nobre et al. 1994). Os principais achados de necropsia incluem pulmões não colapsados, com parênquima difusamente pálido ou congesto e edema subpleural e pulmonar (Nobre et al. 1994, Mendonça et al. 2025). Ao corte, observam-se nódulos esbranquiçados pequenos, multifocais a coalescentes, distribuídos por todo o parênquima pulmonar. Outros achados incluem hidropericárdio, hidroperitônio e hidrotórax (Pessoa et al. 2013, Mendonça et al. 2025).

Histologicamente, as lesões são caracterizadas por espessamento dos septos alveolares, fibrose intersticial e edema alveolar, bronquiolar e perivascular, acompanhados por proliferação de pneumócitos tipo II. Também se observa proliferação de células em clava (*club cells*, anteriormente denominadas células de Clara), que ocasionalmente formam agregados nos bronquíolos terminais (Pessoa et al. 2013, Riet-Correa et al. 2024, Mendonça et al. 2025). Fibrose periarteriolar e espessamento das paredes das arteríolas também foram descritos (Boghossian et al. 2007). O exame histopatológico revela ainda alterações hepáticas semelhantes às observadas em outras intoxicações por espécies de *Crotalaria* (Riet-Correa et al. 2024).

A patogênese da intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos (APs) baseia-se na bioativação metabólica no fígado, onde as enzimas microsossomais, principalmente do sistema do citocromo P450, convertem os alcaloides em metabólitos pirrólicos altamente reativos. Esses derivados exercem um efeito alquilante sobre o DNA e proteínas, interferindo nos processos mitóticos e causam degeneração celular, necrose e fibrose hepática. Nos casos crônicos, as lesões características incluem hepatomegalocitose, fibrose periportal, necrose individual de hepatócitos e proliferação das células epiteliais dos ductos biliares (Riet-Correa et al. 2024).

No sistema nervoso central, as alterações mais notáveis descritas em cavalos com sinais neurológicos são astrócitos tumefeitos e agrupados (denominados células de Alzheimer tipo II), especialmente próximos aos pericários neuronais, como consequência da encefalopatia hepática. Essas alterações explicam os sinais clínicos observados em cavalos intoxicados, que incluem apatia, ataxia, marcha desorientada, pressão da cabeça contra objetos e decúbito prolongado, evoluindo inexoravelmente para a morte (Riet-Correa et al. 2024).

O diagnóstico da intoxicação por APs em equinos deve sempre se basear na avaliação conjunta dos achados epidemiológicos, clínicos e patológicos. Historicamente, muitos surtos de intoxicação por *Crotalaria* spp. foram erroneamente diagnosticados como raiva ou encefalite viral devido à predominância de sinais neurológicos. No entanto, a identificação de plantas tóxicas nas pastagens ou sua detecção na ração, associadas às lesões hepáticas e aos achados histopatológicos característicos, é essencial para o estabelecimento de um diagnóstico definitivo. Deve-se enfatizar que a integração entre dados epidemiológicos, observações clínicas, achados de necropsia e histopatologia é indispensável para diferenciar essa enfermidade de outras

causas de distúrbios neurológicos em equinos, ressaltando o papel fundamental dos laboratórios de diagnóstico veterinário nas investigações de surtos.

Portanto, a intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos em equinos no Brasil deve ser entendida como uma enfermidade de grande relevância sanitária e econômica. Diante da gravidade dos surtos e do potencial de confusão clínica com outras doenças, o reconhecimento precoce desses quadros se mostra fundamental para a adoção de medidas de prevenção, como o controle das plantas tóxicas nas propriedades e a fiscalização rigorosa da qualidade das rações comerciais, reduzindo o risco de perdas significativas para a equideocultura nacional.

RELEVÂNCIA FORENSE DOS RELATÓRIOS DE NECROPSIA E ALGORITMO PARA O DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS NEUROLÓGICAS E HEPÁTICAS EM EQUINOS

A apresentação clínica da intoxicação por *Crotalaria* spp. em cavalos é, inicialmente, inespecífica, manifestando-se por sinais sutis de apatia que evoluem gradualmente para prostração severa em cerca de 10 dias. Na fase terminal, instala-se uma síndrome neurológica aguda, com duração de 12 a 36 horas, caracterizada por distúrbios comportamentais e neurológicos compatíveis com encefalopatia hepática. Do ponto de vista laboratorial, as alterações bioquímicas mais relevantes incluem aumento acentuado das atividades séricas de gama-glutamil transferase (GGT) e aspartato-aminotransferase (AST) (Santos et al. 2008, Câmara et al. 2022), o que reforça a correlação com a disfunção hepática.

É importante destacar que o espectro clínico dessa condição exige a consideração de múltiplos diagnósticos diferenciais. Distúrbios neurológicos de diversas etiologias devem ser sistematicamente investigados, especialmente quando se suspeita de encefalopatia hepática. Nesse contexto, a revisão abrangente de Carvalho et al. (2025) oferece uma visão atualizada das principais manifestações clínico-patológicas das doenças neurológicas em equinos no Brasil, fornecendo orientações valiosas para o diagnóstico diferencial. Um diagnóstico confiável deve basear-se em múltiplas linhas de evidência corroborativa, incluindo histórico de exposição a plantas tóxicas, sinais clínicos compatíveis com intoxicação, achados histopatológicos característicos e confirmação da ingestão da planta.

Diante desse cenário, é imperativo que os médicos-veterinários de campo estejam devidamente capacitados para reconhecer e distinguir enfermidades que acometem simultaneamente o fígado e o sistema nervoso central. A integração dos achados clínicos, dos dados laboratoriais e do conhecimento das doenças prevalentes regionalmente é essencial para o diagnóstico preciso, o qual sustenta a implementação de estratégias terapêuticas e preventivas mais eficazes.

A necropsia e a histopatologia desempenham um papel fundamental como método padrão-ouro na determinação da causa da morte, validação de hipóteses clínicas, orientação de decisões terapêuticas e suporte à vigilância epidemiológica. Quando realizada de forma sistemática e com rigor técnico, fornece um conjunto robusto de evidências que podem ser integradas a informações clínicas, complementares e epidemiológicas. Essa abordagem aumenta significativamente

a precisão diagnóstica e oferece subsídios valiosos para proprietários, clínicos e autoridades sanitárias (Brownlie & Munro 2015).

Embora o Brasil tenha avançado significativamente nas práticas de necropsia em animais de produção, observamos, especialmente no contexto da intoxicação por monocrotalina em equinos, deficiências importantes na execução de necropsias em diferentes regiões, apesar do empenho e da boa vontade dos profissionais de campo. Essas falhas incluem execução inadequada da necropsia, coleta e conservação incorretas de amostras, manejo deficiente de evidências, falhas no registro e descrição das lesões, na documentação fotográfica e no uso padronizado de ferramentas diagnósticas. Tais deficiências, frequentemente resultantes da atuação bem-intencionada de profissionais sem formação específica em patologia, podem comprometer a qualidade das informações obtidas e, conseqüentemente, a robustez do diagnóstico final.

Como em qualquer sistema diagnóstico, o histórico clínico-epidemiológico detalhado é indispensável para a investigação de doenças que afetam o sistema nervoso (Riet-Correa et al. 2017). Quando a necropsia é realizada, descrições completas dos achados macroscópicos e registros fotográficos dos órgãos afetados são fundamentais. Os órgãos destinados à avaliação histopatológica devem ser devidamente fixados em formol tamponado a 10% e encaminhados ao patologista. Na maioria das necropsias com finalidade diagnóstica, exames complementares devem ser realizados conforme a suspeita clínica (Rissi et al. 2010, Riet-Correa et al. 2017). Infelizmente, é comum que amostras sejam enviadas a laboratórios de diagnóstico sem informações contextuais essenciais, o que compromete a acurácia do diagnóstico. Com base em nossa experiência, a fixação inadequada dos tecidos também é um problema recorrente, geralmente associada à quantidade insuficiente de solução de formol a 10%.

A avaliação macroscópica do encéfalo – e, quando indicado, da medula espinhal ou dos nervos periféricos – pode fornecer evidências fundamentais para o diagnóstico de doenças neurológicas. Os achados da necropsia em campo devem ser cuidadosamente analisados, cabendo ao patologista a avaliação detalhada ao receber as amostras. A descrição morfológica deve incluir a avaliação histológica. Nos casos de suspeita de intoxicação, a realização adequada da necropsia aumenta significativamente a probabilidade de um diagnóstico conclusivo. A realização de exames toxicológicos é fortemente recomendada, exigindo a coleta sistemática de conteúdo e segmentos gastrointestinais, fígado, rim, gordura, soro ou plasma, urina, vísceras-alvo, coágulo cardíaco e olho. Também devem ser coletadas amostras ambientais, como ração, água e forragem, para possíveis análises futuras. As amostras destinadas à toxicologia devem ser refrigeradas (2–8 °C) ou congeladas, conforme o caso, a fim de evitar a degradação dos princípios ativos. Todas as amostras devem ser devidamente documentadas e rotuladas e encaminhadas a laboratórios de toxicologia veterinária que disponham de infraestrutura adequada para análises químicas e moleculares – idealmente após consulta prévia sobre os requisitos de envio (Brownlie & Munro 2015).

Assim, a necropsia, a coleta abrangente de dados e os exames laboratoriais complementares, incluindo análises químicas e moleculares, representam uma abordagem integrada para determinar de forma sistemática a causa da morte em animais,

independentemente da etiologia. Especificamente nos casos de intoxicação por monocrotalina em equinos, a combinação de evidências de ingestão de planta tóxica ou ração contaminada, desenvolvimento de síndromes hepática ou neurológica, alterações na bioquímica sérica hepática e presença de alterações morfológicas no fígado (identificadas por biópsia ou necropsia) é essencial para o estabelecimento de um diagnóstico definitivo.

Doenças semelhantes. A apresentação clínica, assim como as lesões hepáticas macroscópicas e histológicas observadas na intoxicação por *Crotalaria* spp. em equinos, são indistinguíveis daquelas causadas por intoxicação por *Senecio* spp. (Lucena et al. 2010). *Senna occidentalis* também pode produzir sinais clínicos e lesões hepáticas semelhantes; no entanto, a intoxicação é diferenciada pela constatação de necrose característica do músculo esquelético (Oliveira-Filho et al. 2013, Riet-Correa et al. 2024). A intoxicação por *Trema micrantha* também pode resultar em necrose hepatocelular acompanhada de lesões encefálicas caracterizadas por áreas multifocais amarelas a marrons decorrentes de malácia e hemorragia. Nos casos de intoxicação por *T. micrantha*, a malácia surge como consequência de lesão vascular (Pavarini et al. 2013, Lorenzetti et al. 2018, Riet-Correa et al. 2023). Nesses casos as informações epidemiológicas são também importantes para o diagnóstico.

Doenças distintas. A leucoencefalomalácia, causada por fumonisinas produzidas por *Fusarium moniliforme* e *Fusarium verticillioides*, induz principalmente necrose e edema da substância branca cerebral, facilmente observada macroscopicamente e frequentemente associada a assimetria devido ao aumento de volume do hemisfério cerebral mais afetado (Barros et al. 1984, Echenique et al. 2019). As lesões macroscópicas da leucoencefalomalácia são semelhantes às causadas por infecção por *Trypanosoma evansi* em equinos (Rodrigues et al. 2005, 2009). No evento de mortalidade equina associado à ração contaminada por monocrotalina, vários laudos sugeriram diagnóstico de leucoencefalomalácia; contudo, nenhum dos achados macroscópicos ou histopatológicos foi convincente.

A interpretação histopatológica do sistema nervoso é complexa e algumas armadilhas do exame histológico causam confusão de artefatos com lesões verdadeiras (Rech et al. 2018). Com base em nossa avaliação, a maioria desses erros diagnósticos resulta da interpretação equivocada de artefatos perivascularares claros como se fossem edema (Wohlsein et al. 2013). Microscopicamente, o edema associado à leucoencefalomalácia é proteico e caracterizado pela presença de fluido perivascular eosinofílico (Barros et al. 1984, Echenique et al. 2019).

Considerações práticas para a necropsia em campo. Os médicos-veterinários devem ter em mente que a preparação adequada é essencial antes mesmo de se deslocar ao local para a necropsia e coleta de amostras. Isso inclui planejar quais materiais levar (facas, tesouras, recipientes estéreis, frascos com fixador, caixas térmicas com gelo reciclável, etiquetas e formulários), conhecer os métodos corretos de preservação para cada tipo de amostra e estar ciente de quais laboratórios estão habilitados a realizar as análises pretendidas. Essa organização assegura a coleta sistemática e a preservação adequada das amostras, aumentando a probabilidade de resultados laboratoriais confiáveis e relevantes. Por fim, o sucesso de um diagnóstico depende amplamente da qualidade da necropsia e das amostras coletadas. Portanto, planejamento, técnica e logística devem ser

considerados pilares essenciais. Para auxiliar nessa organização, apresentamos a seguir um roteiro prático.

Roteiro de preparação e coleta em necropsias com suspeita de intoxicação

1. Preparação prévia

- [] Confirmar o histórico clínico e epidemiológico antes da saída a campo.
- [] Identificar previamente os laboratórios que podem receber e processar as amostras (toxicologia, histopatologia, microbiologia, entre outros).
- [] Planejar a coleta com base nas hipóteses diagnósticas e levar recipientes suficientes para cada tipo de amostra.
- [] Preparar a documentação: fichas de requisição, etiquetas de identificação, formulários de submissão.

2. Materiais necessários

- [] Facas, bisturis, tesouras, pinças, serra portátil.
- [] Frascos estéreis (plástico rígido ou vidro com tampa rosqueável).
- [] Recipientes com formol tamponado a 10% para tecidos destinados à histopatologia.
- [] Caixas térmicas com gelo reciclável ou gelo seco para amostras frescas.
- [] Sacos plásticos de alta resistência e dupla vedação.
- [] Etiquetas resistentes à umidade e marcadores permanentes.
- [] Equipamentos de proteção individual (luvas, máscara, óculos, macacão/avental).

3. Coleta sistemática

- [] Tecido hepático (vários fragmentos de diferentes áreas).
- [] Rim, coração, pulmão, baço (fragmentos representativos).
- [] Sistema nervoso central (de preferência encéfalo e medula espinhal, inteiros).
- [] Conteúdo do rúmen/estômago e segmentos de intestino.
- [] Sangue (soro/plasma) e urina.
- [] Tecido adiposo e músculo esquelético (importantes em casos de intoxicação por substância lipossolúvel).
- [] Amostras ambientais: ração, forragem, silagem, água.

4. Preservação adequada

- [] Tecidos para histopatologia: fixar em formol tamponado a 10%, relação 10:1, espessura ≤ 1 cm.
- [] Amostras para toxicologia: refrigerar a 2–8 °C; se não forem enviadas imediatamente, congelar.
- [] Conteúdo gastrointestinal: coletar em frasco estéril, vedado e refrigerado ou congelado.
- [] Rações, forragens e água: acondicionar em sacos limpos ou frascos, bem vedados.

5. Encaminhamento

- [] Separar amostras de acordo com o tipo de exame (histopatologia, toxicologia, microbiologia).
- [] Preencher fichas de submissão com dados completos: identificação do animal, histórico clínico, suspeita diagnóstica, tipo de material enviado.
- [] Garantir transporte seguro (caixa térmica ou embalagem tripla, conforme normas de biossegurança).
- [] Enviar o quanto antes ao laboratório de referência previamente contatado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mortalidade causada por monocrotalina em equídeos registrada em 2025, embora catastrófica, revelou-se instrutiva para a medicina veterinária brasileira. A magnitude do evento – refletida em centenas de mortes de cavalos, intenso sofrimento animal e humano e expressivas perdas econômicas – expôs vulnerabilidades estruturais na cadeia produtiva de alimentação animal, ao mesmo tempo em que ressaltou a importância do trabalho cooperativo entre instituições acadêmicas, laboratórios de diagnóstico e órgãos reguladores. Do ponto de vista científico, a rápida elucidação da etiologia só foi possível graças à integração de dados epidemiológicos, clínicos, patológicos e laboratoriais, demonstrando a força de um modelo diagnóstico colaborativo.

Sob a perspectiva econômica e social, as perdas extrapolam a mortalidade dos animais, afetando cadeias produtivas inteiras da equideocultura e impactaram severamente pequenos e médios empreendimentos ligados ao setor. A experiência reforça a urgência de mecanismos mais rígidos de rastreabilidade de insumos, fiscalização de fábricas de ração e padronização de boas práticas agrícolas, especialmente no cultivo de soja e no manejo de plantações de *Crotalaria* spp. de modo a reduzir o risco de contaminação de produtos agrícolas com plantas tóxicas.

Por fim, este episódio evidencia que tragédias dessa magnitude não devem ser interpretadas como eventos isolados, mas como catalisadores de mudanças estruturais. É imperativo transformar a dor em aprendizado, fortalecendo políticas públicas de vigilância e defesa agropecuária, ampliando a cultura diagnóstica no campo e consolidando protocolos de prevenção que resguardem a saúde animal, a saúde pública, a economia e o bem-estar da sociedade. Os autores enfatizam a necessidade de que os responsáveis técnicos e de controle de qualidade assumam, de forma efetiva, o protagonismo na condução dos processos de fabricação de produtos destinados à alimentação animal.

Aprovação ética. - A presente comunicação científica está de acordo com a Lei 11.794/2008, que regulamenta as Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUA) e o uso científico de animais não humanos no ensino e na pesquisa. Os casos de equinos que foram submetidos à eutanásia seguiram as recomendações da Lei Federal 14.228/2021 que versa sobre os procedimentos de eutanásia conforme o regulamento do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV 2013). Não realizamos experimentos em animais para o presente estudo.

Agradecimentos. - Agradecemos a todos os médicos-veterinários que enviaram amostras e informações essenciais para a elucidação deste caso, bem como aos proprietários, trabalhadores de fazendas, haras, centros hípicas, estábulos que, com dedicação e esforço incansável, lutaram para salvar a vida dos equinos afetados por esta tragédia. Estendemos também nosso reconhecimento aos técnicos do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), cujo trabalho foi fundamental para a condução das investigações e para a implementação das medidas de controle. Agradecemos a advogada Alessandra Agarussi pelo envio de exames complementares e dados epidemiológicos dos casos de intoxicação por monocrotalina (ale.agarussi@gmail.com). Agradecemos a engenheira agrônoma Niriele Rodrigues pela elaboração dos mapas epidemiológicos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processos 304804/2018-5 e 409116/2021-1 pelo suporte financeiro.

Agradecemos à Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e Pecuária representados pelo Secretário Carlos Goulart e o Secretário Adjunto Allan Rogério de Alvarenga. As investigações tiveram a participação dos seguintes técnicos do MAPA: Juliana Satie Becker de Carvalho

Chino, Adriana Cavalcanti de Souza, Daniela Pieroti Ferreira, João Heleno Moreira Pimentel, Miguel Soriani Neto, Luís Marcelo Kodawara, Rebeca Dantas Xavier Ribeiro, Ornã Teles da Silva, Robério Alves Machado, Iones José Marques, Rodrigo Di Giovannantonio Graziani, Rogério dos Santos Lopes, Robério Machado, Sérgio Luiz Silva Rezende, Alexandre Gomes Fernandes, Alírio Henrique Duarte, Daniele Aparecida Miranda, José Anselmo Brandão Bastos, Daniel Felipe Filgueira Vianna, Everton de Lima Romão, Livia Uchoa da Silva Almeida, Paula Mattos Sávio de Andrade, Rosane da Conceição Fabiano Mendes, Juliana Aparecida Cerqueira, Marcos Brandão Barletta, Sandra Mara de Andrade, Maria Claudia de Oliveira Pedrilho, Luciana Paes de Macedo Moura, Júlio César Oliveira de Souza, Ricardo Nogueira Lopes, Fabíola Aparecida de Araújo, Tatiana Pereira Cardoso, Fabrício Pedrotti, Marcos Vinícius de Santana Leal, Heitor Daguier, Rodrigo Barcellos Hoff, Aline Torres Venturini, Fabiano Barreto, Mary Ane Gonçalves Lana, Virna Clemente, Mayana Andrea Rodrigues Valinhos Tomaz, Arilson Lehmkul e Josinete Barros de Freitas. As informações aqui contidas foram fornecidas aos pesquisadores pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, fortalecendo a parceria entre a Secretaria de Defesa Agropecuária e a comunidade acadêmica.

Agradecemos a todos os médicos-veterinários externos às universidades que encaminharam amostras para exames histopatológicos ou solicitaram às equipes de patologia veterinária a realização das necropsias: Alexandre Cariello Vilela, Ana Carolina Rocha, Ana Paula da Silva Dotoli Agnelo, Fábio Feitosa, Fabrício Turci Pereira, Letícia Moraes Tavares, Maria Augusta Berhiger, Mariana Mansur, Nayara Farias, Roberta Sargo, Thais Guirelli, Vitor Sousa.

Declaração de conflito de interesse. - Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Declaração de contribuição dos autores. - Fábio Mendonça, Vivian Palmeira, Daniel Ubiali e Franklin Riet-Correa: Concepção. Fábio Mendonça: Escrita da versão inicial. Fábio Mendonça, Daniel Ubiali, Kezia Carvalho e Franklin Riet-Correa: Avaliação e interpretação patológica. Vivian Palmeira, Daniel Cook e Dale Gardner: Avaliação e interpretação toxicológica. Vivian Palmeira: Líder de logística e dados de campo. Todos os autores revisaram a última versão do manuscrito.

Declaração de disponibilidade de dados. - Os dados que apoiam este estudo são dados de registros de diagnóstico em patologia veterinária e toxicologia, sob responsabilidade dos autores.

REFERÊNCIAS

- Adams LG. Clinicopathological aspects of imidocarb dipropionate toxicity in horses. *Res Vet Sci*. 1981; [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)32521-9](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)32521-9)
- Anjos BL, Nobre VMT, Dantas AFM, Medeiros RMT, Oliveira Neto TS, Molyneux RJ, Riet-Correa F. Poisoning of sheep by seeds of *Crotalaria retusa*: acquired resistance by continuous administration of low doses. *Toxicon* 2010; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.06.028>
- Assis TS, Medeiros RMT, Riet-Correa F, Galiza GJN, Dantas AFM, Oliveira DM. Intoxicações por plantas diagnosticadas em ruminantes e equinos e estimativa das perdas econômicas na Paraíba. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010000100003>
- Bandarra PM, Pavarini SP, Raymundo DL, Corrêa AMR, Pedroso PM, Driemeier D. *Trema micrantha* toxicity in horses in Brazil. *Equine Vet J* 2010; <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00035.x>
- Barbosa IR, Santana RS, Mauad M, Garcia RA. Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. *Pesq Agropec Trop* 2020; <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5061011>
- Barros CSL, Barros SS, Santos MN, Souza MA. Leucoencefalomalácia em equinos no Rio Grande do Sul. *Pesq Vet Bras* 1984; <https://shre.ink/okvS>

- Boghossian MR, Peixoto PV, Brito MF, Tokarnia CH. Aspectos clínico-patológicos da intoxicação experimental pelas sementes de *Crotalaria mucronata* (Fabaceae) em bovinos. *Pesq Vet Bras* 2007; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2007000400004>
- Brasil. Instrução Normativa 110, de 24 de novembro de 2020. Publica a lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal. Serviço Público Federal (SPF), Secretário de Defesa Agropecuária (SDA), Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Diário Oficial da União, Brasília; 2020.
- Brasil. Lei 14.515, de 29 de dezembro de 2022. Dispõe sobre os programas de autocontrole dos agentes privados regulados pela defesa agropecuária e sobre a organização e os procedimentos aplicados pela defesa agropecuária aos agentes das cadeias produtivas do setor agropecuário; institui o Programa de Incentivo à Conformidade em Defesa Agropecuária, a Comissão Especial de Recursos de Defesa Agropecuária e o Programa de Vigilância em Defesa Agropecuária para Fronteiras Internacionais (Vigifronteiras); altera as Leis nºs 13.996, de 5 de maio de 2020, 9.972, de 25 de maio de 2000, e 8.171, de 17 de janeiro de 1991; e revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 467, de 13 de fevereiro de 1969, e 917, de 7 de outubro de 1969, e das Leis nºs 6.198, de 26 de dezembro de 1974, 6.446, de 5 de outubro de 1977, 6.894, de 16 de dezembro de 1980, 7.678, de 8 de novembro de 1988, 7.889, de 23 de novembro de 1989, 8.918, de 14 de julho de 1994, 9.972, de 25 de maio de 2000, 10.711, de 5 de agosto de 2003, e 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Presidência da República, Secretária-Geral, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Diário Oficial da União, Brasília; 2022. Acesso em: 15 out. 2025. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114515.htm
- Brownlie HWB, Munro R. The veterinary forensic necropsy: a review of procedures and protocols. *Vet Pathol* 2015; <https://doi.org/10.1177/030098581665585>
- Câmara ACL, Argenta VLS, Moraes DDA, Fonseca EF, Fino TCM, Paludo GR, Soto-Blanco B. Hematological and serum biochemical changes and their prognostic value in horses spontaneously poisoned by *Crotalaria spectabilis*. *Front Vet Sci* 2022; <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.741530>
- Carvalho KS, Barros CSL, Mendonça FS, Machado M, Riet-Correa F. Diseases of the nervous system of equids in Brazil: a review. *J Vet Diagn Invest* 2025; <https://doi.org/10.1177/10406387251325881>
- Cavasani JPS, Dias L, Santos ÍG, Garcia DM, Silva WDM, Ferreira DL, Colodel EM, Furlan FH. *Crotalaria spectabilis* Roth. (Fabaceae, Papilionoideae) seed poisoning in cattle and use of liver biopsy to diagnose subclinical disease. *Pesq Vet Bras* 2024; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7439>
- CFMV. Guia Brasileiro de Boas Práticas para a Eutanásia em Animais: conceitos e procedimentos recomendados. Brasília: Conselho Federal de Medicina Veterinária; 2013. 66p.
- Echenique JVZ, Estima-Silva P, Pereira DB, Marques LS, Ribeiro LS, Schild AL. Leukoencephalomalacia in horses associated with immature corn consumption. *Ciência Rural* 2019; <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180925>
- Gava A, Barros CSL. *Senecio* spp. poisoning of horses in southern Brazil. *Pesq Vet Bras* 1997; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X1997000100006>
- Lacerda MSC, Wilson TM, Argenta VLS, Pinto ÉGA, Macêdo JTSA, Soto-Blanco B, Keller KM, Pedrosa PMO, Câmara ACL. *Crotalaria spectabilis* poisoning in horses fed contaminating oats. *Toxicon* 2021; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.04.001>
- Lorenzetti MP, Pereira PR, Bassuino DM, Konradt G, Panziera W, Bianchi MV, Argenta FF, Hammerschmitt ME, Caprioli RA, Barros CSL, Pavarini SP, Driemeier D. Neurotoxicosis in horses associated with consumption of *Trema micrantha*. *Equine Vet J* 2018; <https://doi.org/10.1111/evj.12741>
- Lucena RB, Rissi DR, Maia LA, Flores MM, Dantas AFM, Nobre VMT, Riet-Correa F, Barros CSL. Intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos em ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010000500013>
- Maia LA, Lucena RB, Nobre VMT, Dantas AFM, Colegate SM, Riet-Correa F. Natural and experimental poisoning of goats with the pyrrolizidine alkaloid-producing plant *Crotalaria retusa* L. *J Vet Diagn Invest* 2013; <https://doi.org/10.1177/1040638713495544>
- Maia LA, Pessoa CRM, Rodrigues AF, Colegate SM, Dantas AFM, Medeiros RMT, Riet-Correa F. Duration of an induced resistance of sheep to acute poisoning by *Crotalaria retusa* seeds. *Ciência Rural* 2014; <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000600017>
- MAPA. Mapa confirma 284 mortes de equinos e mantém suspensão total da Nutratra Nutrição Animal. Nota Oficial. Ministério da Agricultura e Pecuária; 2025a. Acesso em 23 jul. 2025. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-confirma-284-mortes-de-equinos-e-mantem-suspensao-total-da-nutratra-nutricao-animal>
- MAPA. Ofício-Circular nº 35/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Produtos de Origem Animal, Coordenação Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025b. Acesso em 15 out. 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/SEI_43036373_Oficio_Circular_35.pdf
- MAPA. Ofício-Circular nº 36/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Continuidade das ações. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Coordenação-Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025c. Acesso em 10 nov. 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/copy_of_SEI_43118888_Oficio_Circular_362.pdf
- MAPA. Ofício-Circular nº 39/2025, CGI/DIPOA/SDA/MAPA. Alimentação animal. Desdobramentos de ações. Publicidade de produtos irregulares danosos à saúde animal, cuja comercialização e consumo estão proibidos. Continuidade das ações. Proibição de Todos os Produtos, Independentemente da Espécie a que se destinam. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Coordenação Geral de Inspeção, Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília; 2025d. Acesso em: 15 out. 2025. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/ordens-de-recolhimento/SEI_43525113_Oficio_Circular_391.pdf
- Mendonça FS, Andrade AC, Lima TS, Fonseca SMC, Silva Filho GB, Melo ET, Santos JRP, Frota MSL, Amaral MEB, Duarte JMBS, Silva MLV, Lucena KA, Evêncio-Neto J. Spontaneous intoxication by *Crotalaria juncea* in horses in Northeastern Brazil. *Proceedings of the 11th International Symposium on Poisonous Plants (ISOPP)*, Salta, Argentina. 2025.
- Nobre D, Dagli MLZ, Haraguchi M. *Crotalaria juncea* intoxication in horses. *Vet Hum Toxicol* 1994;36(5):445-448. PMID:7839571.
- Nobre VMT, Riet-Correa F, Barbosa Filho JM, Dantas AFM, Tabosa IM, Vasconcelos JS. Intoxicação por *Crotalaria retusa* (Fabaceae) em equídeos no semi-árido da Paraíba. *Pesq Vet Bras* 2004; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2004000300004>
- Oliveira-Filho JP, Cagnini DQ, Badial PR, Pessoa MA, Del Piero F, Borges AS. Hepatoencephalopathy syndrome due to *Cassia occidentalis* (Leguminosae, Caesalpinioideae) seed ingestion in horses. *Equine Vet J* 2013; <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00599.x>
- Panziera W, Bianchi RM, Mazarro RD, Giaretta PR, Silva GB, Silva DRP, Figuera RA. Intoxicação natural por *Senecio brasiliensis* em equinos. *Pesq Vet Bras* 2017; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000400003>
- Pavarini SP, Bandinelli MB, Bassuino DM, Correa GLF, Bandarra PM, Driemeier D, Hohendorff RV, Both MC. Novos aspectos sobre a intoxicação por *Trema micrantha* (Cannabaceae) em equídeos. *Pesq Vet Bras* 2013; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013001100009>

- Pessoa CRM, Pessoa AFA, Maia LA, Medeiros RMT, Colegate SM, Barros SS, Soares MP, Borges AS, Riet-Correa F. Pulmonary and hepatic lesions caused by the dehydropyrrolizidine alkaloid-producing plants *Crotalaria juncea* and *Crotalaria retusa* in donkeys. *Toxicon* 2013; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.05.007>
- Pierezan F, Rissi DR, Rech RR, Figuera RA, Brum JS, Barros CSL. Achados de necropsia relacionados com a morte de 335 equinos: 1968-2007. *Pesq Vet Bras* 2009; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2009000300015>
- Pimentel LA, Oliveira DM, Galiza GJN, Rego RO, Dantas AFM, Riet-Correa F. Doenças do sistema nervoso central de equídeos no semi-árido. *Pesq Vet Bras* 2009; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2009000700015>
- Rech RR, Giaretta PR, Brown C, Barros CSL. Gross and histopathological pitfalls found in the examination of 3,338 cattle brains submitted to the BSE surveillance program in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2018; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6079>
- Ribeiro M, Bianchi IN, Silva WDM, Cavasani JPS, Santos ÍG, Dias L, Colodel EM, Furlan FH. Subacute and chronic toxic hepatopathy in cattle grazing pasture with *Crotalaria spectabilis*. *Vet Pathol* 2025; <https://doi.org/10.1177/03009858241281899>
- Riet-Correa F, Carvalho KS, Dantas AFM, Medeiros RMT. Spontaneous acute poisoning by *Crotalaria retusa* in sheep and biological control of this plant with sheep. *Toxicon* 2011; <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2011.09.002>
- Riet-Correa F, Lemos RAA, Guizelini CC. The importance of veterinary diagnostic laboratories for disease surveillance, research, and postgraduate studies in animal health in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2025; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7633>
- Riet-Correa F, Medeiros RMT, Pfister JA, Mendonça FS. Toxic plants affecting the nervous system of ruminants and horses in Brazil. *Pesq Vet Bras* 2017; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017001200001>
- Riet-Correa F, Micheloud JF, Machado M, Mendonça FS, Schild AL, Lemos RAA. Intoxicaciones por Plantas, Micotoxinas y Otras Toxinas en Rumiantes y Équidos de Sudamérica. Davis-Thompson Foundation; 2024.
- Riet-Correa F, Schild AL, Lemos RAA, Borges JRJ. Doenças de Ruminantes e Equídeos. 4ª ed. Vols. 1 e 2. Santa Maria: MedVet; 2023.
- Rissi DR, Pierezan F, Oliveira-Filho JC, Lucena RB, Carmo PMS, Barros CSL. Abordagem diagnóstica das principais doenças do sistema nervoso de ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2010; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2010001100010>
- Rodrigues A, Figuera RA, Souza TA, Schild AL, Soares MP, Milano J, Barros CSL. Surtos de tripanossomíase por *Trypanosoma evansi* em equinos no Rio Grande do Sul: aspectos epidemiológicos, clínicos, hematológicos e patológicos. *Pesq Vet Bras* 2005; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2005000400010>
- Rodrigues A, Figuera RA, Souza TM, Schild AL, Barros CSL. Neuropathology of naturally occurring *Trypanosoma evansi* infection of horses. *Vet Pathol* 2009; <https://doi.org/10.1354/vp.46-2-251>
- Santos JCA, Riet-Correa F, Simões SVD, Barros CSL. Patogênese, sinais clínicos e patologia das doenças causadas por plantas hepatotóxicas em ruminantes e equinos no Brasil. *Pesq Vet Bras* 2008; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2008000100001>
- Scheid HV, Ribeiro LS, Venâncio FR, Bohm BC, Engelmann TM, Brum FRP, Sallis ESV, Schild AL. Evolution of cattle intoxications in southern Rio Grande do Sul: Spatial distribution and trends over 42 years. *Pesq Vet Bras* 2023; <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-7395>
- Tokarnia CH, Brito MF, Barbosa JD, Peixoto PV, Döbereiner J. Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção. 2ª ed. Rio de Janeiro: Helianthus; 2012.
- Ubiali DG, Boabaid FM, Borges NA, Caldeira FHB, Lodi LR, Pescador CA, Souza MA, Colodel EM. Intoxicação aguda com sementes de *Crotalaria spectabilis* (Leg. Papilionoideae) em suínos. *Pesq Vet Bras* 2011; <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000400007>
- Vesonder R, Haliburton J, Stubblefield R, Gilmore W, Peterson S. *Aspergillus flavus* and aflatoxins B₁, B₂, and M₁ in corn associated with equine death. *Arch Environ Contam Toxicol* 1991; <https://doi.org/10.1007/BF01065342>
- Wohlsein P, Deschl U, Baumgärtner W. Nonlesions, unusual cell types, and postmortem artifacts in the central nervous system of domestic animals. *Vet Pathol* 2013; <https://doi.org/10.1177/0300985812450719>