

TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO E REDE NEURAL EM SINISTROS COM MÁQUINAS NA REGIÃO SUL

GROUPING TECHNIQUES AND NEURAL NETWORK IN MACHINE CLAIMS IN THE SOUTHERN REGION

¹Deivielison Ximenes Siqueira Macedo, ²Viviane Castro dos Santos, ³Leonardo de Almeida Monteiro, ⁴Enio Costa, ⁵Mayara Rodrigues Uchôa
^{1,2,3,5}Universidade Federal do Ceará-UFC
⁴Instituto Federal do Ceará-IFCE

*Autor Correspondente: e-mail: derilsiqueira@hotmail.com

RESUMO

Regiões com agricultura mecanizada possuem situações que podem promover a ocorrência de sinistros envolvendo tratores, para tanto se faz necessário o estudo desses sinistros para entender essas ocorrências e posteriormente tentar saná-las. Assim, objetivou-se fazer o uso de redes neurais associadas a técnicas de agrupamento sobre os indicadores dos acidentes envolvendo máquinas agrícolas nas rodovias federais na Região Sul. As ocorrências analisadas são provenientes do Boletim de Acidente de Trânsito-BAT. No BAT foram analisados 6 indicadores e unidade federativa. As redes neurais foram representadas por mapas auto organizados, os métodos de agrupamentos utilizados foram o dendrograma e o coeficiente de K-means. As situações com maior quantitativo de vítimas feridas ou fatais foram a desobediência a sinalização e a colisão traseira no período da noite. A combinação das técnicas possibilitou representar e analisar os acidentes de forma mais completa que procedimentos habituais.

Palavras-chave: Acidentes, Rede de Kohonen, K-means, Segurança.

ABSTRACT

Regions with mechanized agriculture have situations that can promote the occurrence of claims, treating them if necessary or studying these situations to understand these occurrences and then try to remedy them. Thus, we aim to make use of neural networks associated with clustering techniques on the indicators of accidents involving agricultural machinery on the southern highways of the Southern Region. As occurrences analyzed are Traffic Accident Report-BAT. In BAT 6 indicators and federative units were analyzed. As neural networks were represented by self-organized maps, the clustering methods used were the dendrogram and the K-means coefficient. As situations with higher quantification of injured or fatal injuries were disobedient signaling and rear collision in the night. A combination of possible techniques to monitor and analyze accidents more fully than usual procedures.

Key words: Accidents, Kohonen network, K-means, Safety.

1. INTRODUÇÃO

O uso inadequado de máquinas agrícolas pode acarretar em acidentes e segundo [1] o trator é um dos equipamentos que mais causam mortes em decorrência de acidentes na atividade agrícola. Na região Sul do Brasil deve-se ter uma atenção especial em relação aos sinistros, tendo em vista que, segundo [2], os estados dessa região estão entre as maiores frotas de tratores do país, possibilitando uma maior probabilidade de ocorrência de acidentes.

A frota de máquinas não é o fator principal para determinar o número de sinistros, mas contribui para isso, existem outros fatores que proporcionam essa ocorrência e nos estados

da região Sul estudos envolvendo sinistros com máquinas agrícolas já estão sendo divulgados abordando essa realidade, no Paraná [3] e [4], em Santa Catarina [5] e no Rio Grande do Sul [6], [7] e [8], todavia não há estudos abordando a região como todo e as conjunturas do sinistros na região.

Uma análise das circunstâncias que levaram ao acidente com trator pode ajudar a definir as medidas apropriadas para prevenir ferimentos e até fatalidades, e forneceria informações sobre a incidência das ocorrências e a efetividade das medidas protetivas [9]. Todavia [10] afirmam que a avaliação estatística usual de dados não numéricos, dados de acidentes, dificulta a análise e requer muitas suposições e testes sobre a natureza de distribuição dos dados, como exemplo o teste do qui-quadrado.

Uma forma de se analisar globalmente as situações que levam ao sinistro é através da junção de redes neurais através dos mapas auto organizados (rede SOM) com técnicas de agrupamentos. Segundo [11] as redes SOM são muito utilizadas para descobrimento de padrões, a partir delas obtém-se a capacidade de desvendar um grande número de características dos acidentes em conjunto, sem a necessidade de analisar fatores independentes individualizados, situação encontrada ao se utilizar análise de frequência, com isso pode-se analisar uma situação de diversas maneiras com todas as classes de indicadores interagindo para a ocorrência do sinistro.

[12] utilizando a rede SOM em dados de acidentes concluíram que a técnica permitiu a identificação de padrões comuns e fatores que contribuíram para ocorrência dos grupos verificados, sendo possível retirar informações úteis de prevenção para operadores, projetistas, gerentes de risco e público em geral.

Acreditando que o uso combinado das redes neurais e técnicas de agrupamento poderá gerar resultados satisfatórios em relação a descoberta dos fatores envolvidos na ocorrência dos acidentes com máquinas, podendo assim obter um panorama das ocorrências na região Sul objetivou-se fazer o uso das redes neurais através das redes SOM, para geração dos mapas, associado com técnicas de agrupamentos hierárquicos, para auxiliar na visualização do número de grupos, e não hierárquicos, na delimitação dos grupos de sinistros, sobre os indicadores dos acidentes envolvendo máquinas agrícolas em rodovias federais na Região Sul com o intuito de identificar sequências mais comuns que levam a ocorrência do acidente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu no uso de redes neurais através dos mapas auto organizados e técnicas de agrupamento através de dendrogramas e coeficiente k-means nos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais na região sul brasileira de forma a determinar grupos de acidentes similares e analisá-los.

A rede SOM foi utilizada para gerar projeção bidimensional e tridimensional do conjunto de dados possibilitando uma visualização prévia das características apresentadas pelos dados e o provável número de grupos. O dendrograma foi utilizado para auxiliar na determinação do número de clusters gerados. Já o k-means, um algoritmo de agrupamento, foi utilizado nos vetores do protótipo gerado pela rede SOM com o intuito de dividir os dados mapeados em grupos.

Os acidentes estudados são advindos dos Boletins de Acidentes de Trânsito (BAT) preenchidos pelo policial rodoviário federal no registro da ocorrência. No BAT constam diversas informações sobre o acidente e como o mesmo ocorreu. Os boletins utilizados no presente estudo abrangem os sinistros envolvendo máquinas agrícolas nas rodovias federais contidas na região sul brasileira, no período de 2007 a 2016, onde verificou-se 599 boletins.

Os indicadores de acidente analisados foram tipo de acidente (14 classes), causa do acidente (11 classes), período do dia (8 classes), condições climáticas (5 classes), condições clínicas dos acidentados (5 classes), traçado da pista (3 classes) e estado (3 classes).

Segundo [13] a rede SOM e o coeficiente de k-means são originalmente baseados em distância euclidiana, sendo assim não podendo ser trabalhada com informações categóricas, sendo recomendado pelos autores a conversão dessas informações em dados numéricos. [14] transformou variáveis categóricas em números inteiros através de códigos atribuídos. Mesmo comportamento tiveram [15], com um banco de dados de acidentes, os autores também atribuíram números inteiros como código para os seus dados qualitativos.

Assim as informações contidas nos boletins, para melhorar a etapa de processamento dos dados, foram transformadas em valores através de códigos numéricos, que foram determinados levando-se em consideração o grau de semelhança entre as classes de cada indicador, assim dentro do indicador classe de acidente as ocorrências que sejam mais semelhantes tem número mais próximo, essas informações podem ser verificadas na Tabela 1. Dessa forma uma ocorrência que tenha sido codificada como: 12,8,3,4,1,3,1 foi uma colisão traseira, devido a falta de atenção, no início da manhã, em condições de céu nublado, sem vítimas feridas, em um cruzamento e no estado de Santa Catarina.

Tabela 1 - Transformação das classes dos indicadores em valores numéricos.

TIPO							
CLASSE	Atropelamento	Danos Eventuais	Derramamento de Carga	Incêndio	Queda	Saída de Pista	Capotamento/tombamento
CÓDIGO	1	2	3	4	5	6	7
CLASSE	Colisão com bicicleta	Colisão com objeto fixo	Colisão com objeto móvel	Colisão Transversal	Colisão traseira	Colisão frontal	Colisão lateral
CÓDIGO	8	9	10	11	12	13	14

CAUSA						
CLASSE	Animais na Pista	Defeito na via	Defeito mecânico em veículo	Desobediência à sinalização	Não guardar distância segurança	Ultrapassagem indevida
CÓDIGO	1	2	3	4	5	6
CLASSE	Velocidade incompatível	Falta de atenção	Dormindo	Ingestão de álcool	Outras	
CÓDIGO	7	8	9	10	11	

PERÍODO DO DIA				
CLASSE	Início da madrugada	Final da madrugada	Início da manhã	Final da manhã
CÓDIGO	1	2	3	4
CLASSE	Início da tarde	Final da tarde	Início da noite	Final da noite
CÓDIGO	5	6	7	8

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS					
CLASSE	Sol\céu claro	Nevoeiro/neblina	Vento\chuva	Nublado	Granizo
CÓDIGO	1	2	3	4	5

CONDIÇÕES CLÍNICAS DOS ACIDENTADOS					
CLASSE	Sem vítimas	Vítimas feridas	Vítimas feridas grave	Uma vítima fatal e vítimas feridas	Com vítimas fatais
CÓDIGO	1	2	3	4	5

TRAÇADO DA VIA			
CLASSE	Reta	Curva	Cruzamento
CÓDIGO	1	2	3

ESTADO			
CLASSE	Santa Catarina	Paraná	Rio Grande do Sul
CÓDIGO	1	2	3

Posteriormente os códigos foram dispostos em uma matriz na qual as linhas são informações referentes a cada ocorrência individualizada e as colunas representam os indicadores, onde no final foi adicionada uma coluna a mais para critério de controle com numeração para comparação com o banco de dados.

A matriz montada foi apresentada ao programa no qual foi possível realizar o treinamento da rede neural. A avaliação de representatividade do mapa foi realizada através do erro topográfico (Equação 1) e do erro de quantização (Equação 2), sendo realizados vários treinamentos para determinar o tamanho da rede, através desses parâmetros é possível avaliar a qualidade do mapa, valores próximos a zero garantem um mapa mais nítido e com distância de neurônios corretas.

$$Te = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n u(x_k) \quad (1)$$

Onde:

Te = erro topográfico;

n = número total de padrões;

$u(x_k) = 1$ caso o primeiro e o segundo neurônios vencedores não sejam adjacentes;

$u(x_k) = 0$ caso o primeiro e o segundo neurônio sejam vizinhos.

$$Qe = \frac{\sum_{k=1}^n \|x_k - \omega_{BMU}\|}{n} \quad (2)$$

Onde:

Qe = Erro de quantização;

x_k = Vetor de entrada;

ω_{BMU} = Vetor peso.

Posteriormente foram realizadas as projeções hierárquicas e não hierárquicas através do dendrograma aglomerativo, para determinação do número de grupos através de medidas de similaridade, e do coeficiente de k-means, para determinação da localização dos grupos através de medidas de similaridade, em ambos os casos a distância euclidiana.

O software utilizado foi o MATLAB 2010®, nele foi utilizado a caixa de ferramentas *somtoolbox* que tem como função principal o treinamento de redes SOM e geração de mapas auto organizados.

Com os grupos obtidos foi realizada a separação e a tabulação de todos os sinistros pertencentes a cada grupo sendo definido a classe representante de cada indicador por meio de frequência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar o tamanho da rede foram realizados mais de vinte treinamentos com tamanhos e números de neurônios variados, dentre as configurações treinadas a que possuiu menor erro topográfico foi 20x20 totalizando uma camada com 400 neurônios, com um

erro de quantização 0,896 e erro topográfico de 0,012. O treinamento da rede pode ser verificado na Figura 1 através da matriz U e dos planos componentes de cada indicador.

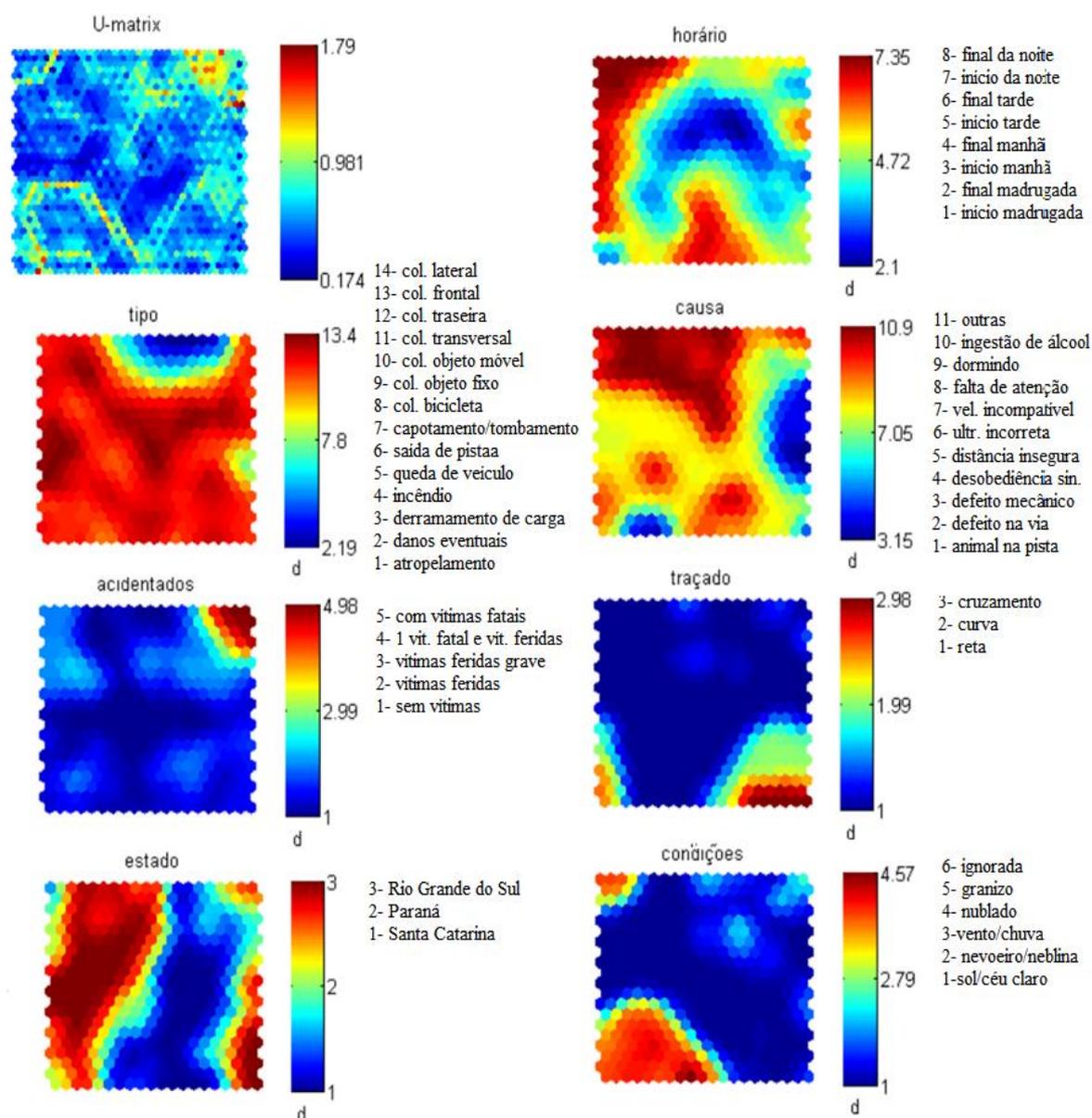


Figura 1. Matriz U e planos componentes dos acidentes com tratores em rodovias federais na região Sul.

Nos planos componentes, os neurônios com cores similares apresentam comportamento similar, o que significa que eles foram ativados pela mesma classe de indicador. A barra lateral mostra a variação de cada indicador de acordo com a base de treinamento, nessa situação cada unidade da barra equivale a uma classe, ou seja, a coloração indica a posição da classe de acidente para cada indicador.

Analisando o plano componente dos estados em que ocorreram acidentes, percebe-se que poucos neurônios foram ativos na coloração verde (código 2) referente ao Paraná, uma

maior quantidade na coloração azul (código 1) relacionados a Santa Catarina e a coloração vermelha, com mais neurônios ativos (código 3) equivalente ao do Rio Grande do Sul. A maior quantidade de neurônios ativados em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul indicam um maior número de sinistros ou mesmo uma maior variedade das classes dos indicadores nas ocorrências.

Avaliando os demais indicadores da região verifica-se que a classe dominante no indicador tipo de acidente foi a colisão traseira (coloração avermelhada, código 12), nas condições clínicas dos acidentados foi verificada a classe sem vítimas feridas (coloração azul, código 1), o traçado da via em que ocorreu o sinistro foi em pista reta (coloração azul, código 1) e no indicador condições climáticas no momento do acidente foi céu claro\sol (coloração azul, código 1). Segundo [16] é importante a análise preliminar dos planos componentes, através deles pode-se verificar o quanto as classes estudadas afetam a representação geral fornecendo uma análise detalhada.

Os indicadores causa do acidente e período do dia não obtiveram uma classe que se sobressaísse sobre as demais, podendo ser destacadas a falta de atenção (coloração com tons amarelados, código 8) e outras causas (coloração vermelha, código 11) e o período da manhã que seria a junção do início e final da manhã (código 3 e 4 coloração do azul tendendo ao verde).

A matriz U obteve uma distância média de 0,981, ou seja, neurônios distanciados entre si com valor menor que 0,981 encontram-se no mesmo grupo, distâncias maiores que esse valor separam os neurônios em grupos diferentes, mesmo que os neurônios tenham sido ativados por características semelhantes. A representação topológica da matriz unificada é apresentada na Figura 2. Segundo [17] neurônios com mesma cor na matriz indicam uma similaridade maior entre os dados, conseqüentemente uma menor distância euclidiana entre eles, cores diferentes indicam uma menor similaridade e uma maior distância.

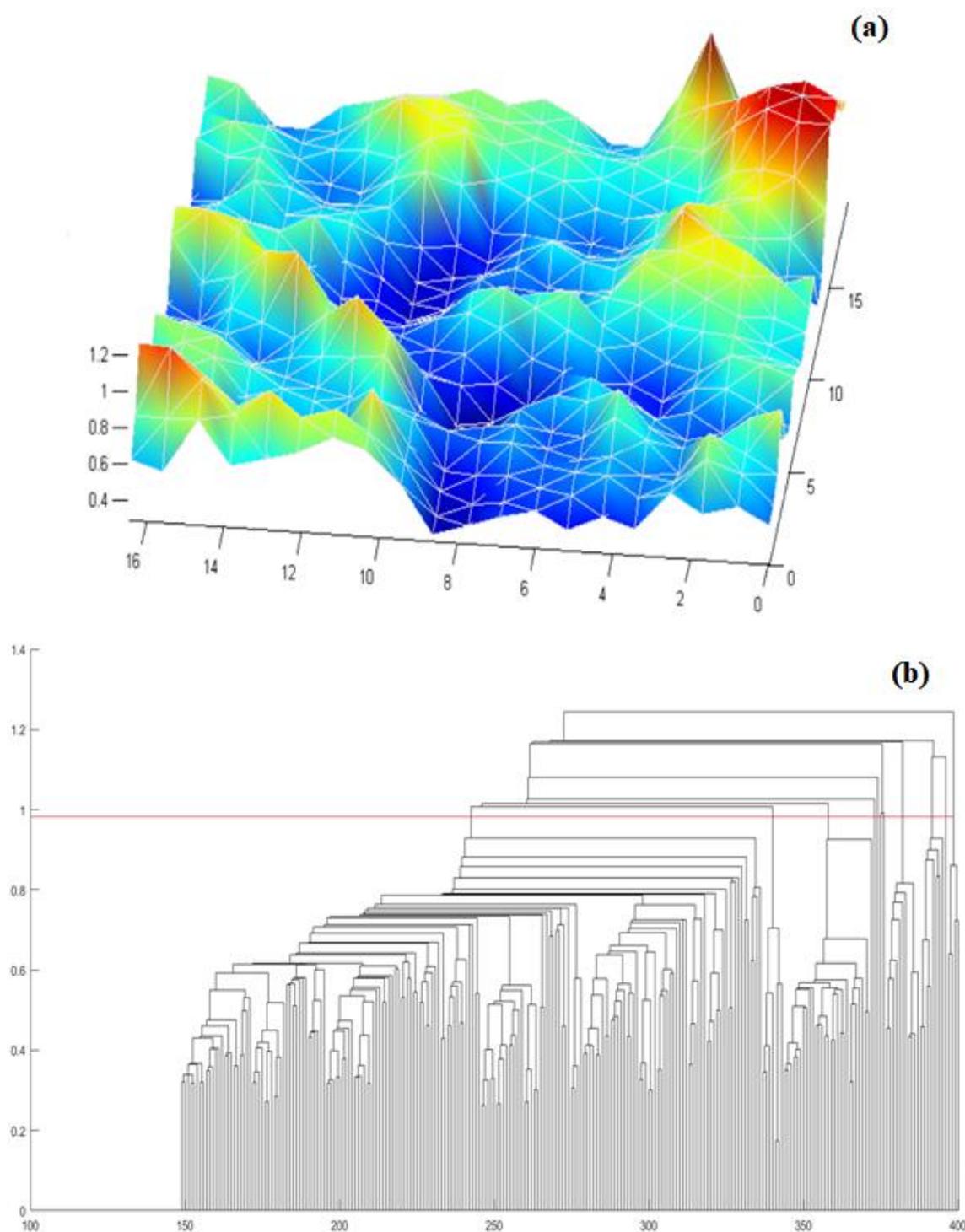


Figura 2. Determinação do número de grupos de acidentes: (a) - Matriz topológica de acidentes com tratores em rodovias federais da região Sul; (b) - Dendrograma dos acidentes com tratores em rodovias federais da região Sul.

Na Figura 2 é possível determinar o número de grupos de acidentes. Enquanto na matriz U topológica não é possível identificar ao certo o número de grupos podendo ser

identificado entre 10 e 11 zonas que vão do azul, mais próximas, ao vermelho, mais distantes, na Figura 2 é possível verificar o grau de distância entre os grupos de acidentes. Já com o dendrograma, realizando um corte na altura do valor médio obtido na matriz U (Figura 1), encontra-se o valor de 11 grupos, valor mais preciso recomendado pelo método.

Na Figura 3 encontra-se a localização exata dos grupos no mapa. Através do uso do coeficiente de k-means pôde-se delimitar a ação real de cada grupo dentro da matriz. As frequências ficaram muito próximas entre si nos neurônios, isso pode ter acontecido devido o número de neurônios ser inferior ao número de ocorrências.

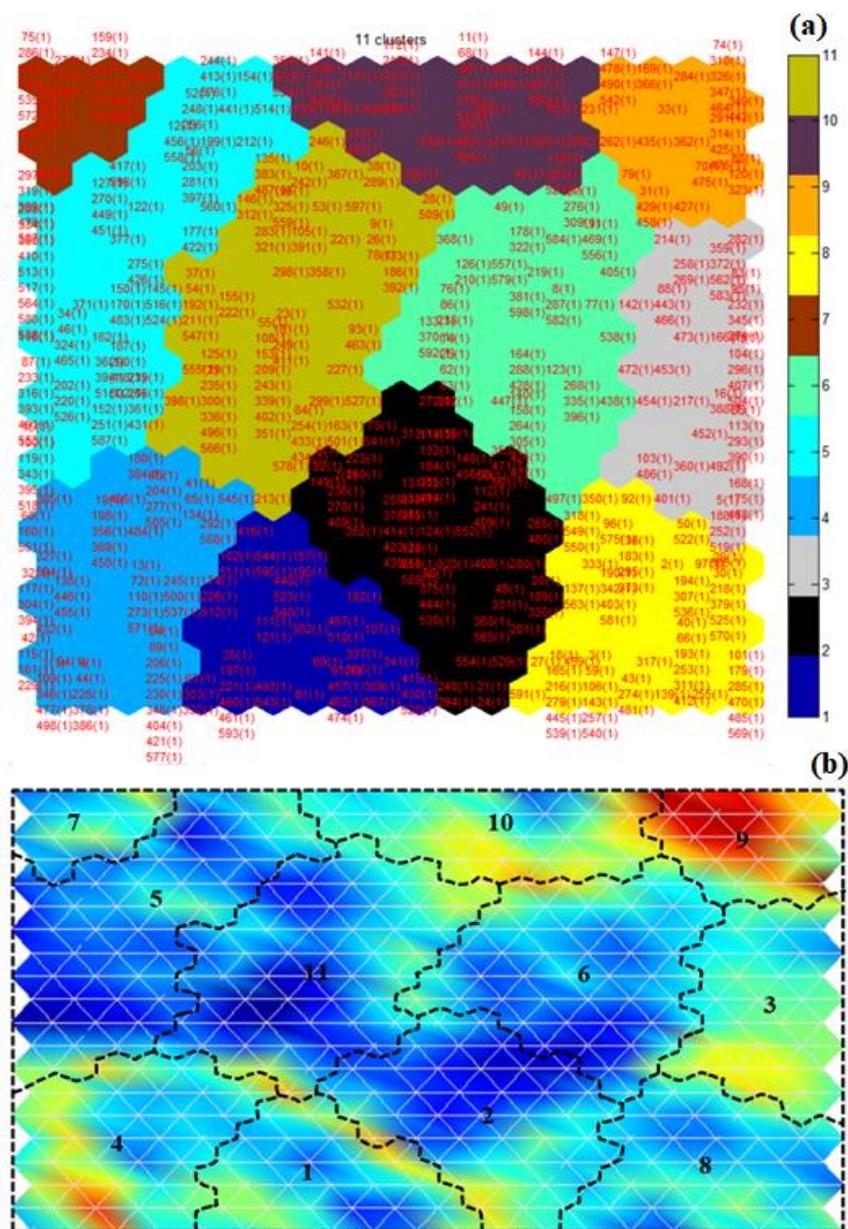


Figura 3. Determinação da localização dos grupos de acidentes: (a) - Coeficiente de k-means dos acidentes com tratores em rodovias federais da região Sul; (b) - Matriz U com as projeções dos grupos obtidos através do coeficiente de k-means.

Na matriz U com a delimitação dos agrupamentos gerados pelo coeficiente de k-means (Figura 3), é possível visualizar grupos com coloração azul escura mais centrais, com distância euclidiana menor entre si, enquanto os grupos das extremidades são os de coloração mais quente, com distância euclidiana maior entre os neurônios.

Os grupos 4 e 7 encontram-se nas extremidades a esquerda, com coloração mais quente, devido representarem sinistros com condições climáticas diferentes de céu claro/sol, como pode ser visto no plano componente de condições climáticas.

O grupo 8 possivelmente se encontra em uma coloração tendendo a verde e afastado dos demais por ter ocorrido em pistas com traçado diferente das pistas retas, classe com maior quantidade de neurônios ativos.

A localização do grupo 3 pode ter sido influenciada pelas classes de ocorrência do indicador causa do acidente, no plano componente verifica-se uma concentração de neurônios ativos pela classe defeito mecânico em veículos, código 3, diferindo de outras causas e falta de atenção, que foram as classes mais frequentes.

O grupo 9 apresentou a zona de maior pico e maior distância dos demais neurônios, nesse grupo encontram-se os eventos que culminaram em vítimas fatais ou vítimas feridas gravemente, diferindo de sem vítimas feridas que foi a classe que mais ativou neurônios na rede.

Para o grupo 10 o que determinou sua localização foi a classe do indicador tipo de acidente, nos planos componentes podem ser vistos que a maioria dos neurônios foram ativos por colisões traseiras, transversais e laterais, com códigos próximos e numerações altas, porém no mapa, naquela posição encontram-se classes de acidentes com códigos de numeração baixa, variando entre os códigos 1 ao 6.

Na Tabela 2 é apresentado o perfil de cada um dos grupos obtidos detalhadamente. Onze agrupamentos foram divididos nos estados da região Sul de forma que: um grupo aborda a situação mais frequente no estado do Paraná, quatro grupos abordam eventos em Santa Catarina e seis grupos retratam os eventos no Rio Grande do Sul.

Tabela 2 - Detalhamento dos grupos dos acidentes com tratores em rodovias federais da região Sul.

Indicadores	Grupos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Número de acidentes	45	65	48	65	87	51	24	64	33	44	73	
ESTADO	Classe	Santa Catarina	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
	Freq. (%)	71,11	78,46	41,67	66,15	79,31	92,16	37,50	42,19	39,39	38,64	71,23
	Classe	Manhã	F. tarde	F. Manhã	F. tarde	I. noite	F. Manhã	I. noite	F. Manhã	I. noite	Tarde	F. Manhã
HORÁRIO	Freq. (%)	33,33	27,69	29,17	23,08	44,83	41,18	66,67	25,00	24,24	59,09	41,10
	Classe	C. traseira	C. transversal	C. traseira	C. traseira	C. lateral	C. traseira	C. traseira	C. transversal	C. traseira	Saída de Pista	C. traseira
	Freq. (%)	42,22	30,77	29,17	33,85	37,93	33,33	75,00	43,75	36,36	31,82	34,25
TIPO	Classe	F. atenção	F. atenção	Des. à sinalização	F. atenção	F. atenção	F. atenção	Outras	F. atenção	F. atenção	Outras	F. atenção
	Freq. (%)	60,00	64,62	39,58	53,85	56,32	54,90	75,00	64,06	42,42	68,18	54,79
	Classe	Nublado	Sol/ Céu Claro	Sol/ Céu Claro	Nublado	Sol/ Céu Claro	Sol/ Céu Claro	Nublado	Sol/ Céu Claro	Sol/ Céu Claro	Sol/ Céu Claro	Sol/ Céu Claro
CONDIÇÕES	Freq. (%)	75,56	96,92	87,50	75,38	100,00	78,43	75,00	93,75	69,70	84,09	90,41
	Classe	S. vítimas	S. vítimas	V. feridas	S. vítimas	S. vítimas	S. vítimas	V. feridas	S. vítimas	V. fatais	S. vítimas	S. vítimas
	Freq. (%)	84,44	63,08	54,17	60,00	51,72	52,94	87,50	60,94	72,73	65,91	71,23
ACIDENTADOS	Classe	Reta	Reta	Reta	Reta	Reta	Reta	Reta	Cruzamento	Reta	Reta	Reta
	Freq. (%)	93,33	73,85	72,92	55,38	93,10	96,08	100	51,56	84,85	90,91	95,89
	TRAÇADO											

A presença de mais grupos em determinados estados indicam, além do quantitativo maior de sinistros envolvendo tratores nas rodovias federais naquele estado, a variação das classes dos indicadores, ou seja, quando um evento ocorre várias vezes, mas em horários diferentes esse evento pode ser dividido em dois grupos pela rede, demonstrando além da quantidade, a variedade na forma de ocorrência dos acidentes no estado.

O estado do Paraná foi representado pelo grupo 7, acidentes que ocorreram no início da noite, colisão traseira, devido a outras causas, em pista reta, com o tempo nublado e com vítimas feridas. O perfil proposto pelo grupo 7 é uma das situações mais perigosas, pois trafegar com o trator no início da noite, onde a luminosidade natural é praticamente escassa e os operadores e motoristas podem estar mais fadigados, acaba acarretando em acidentes com vítimas feridas, independentemente da causa e em algumas situações as condições climáticas podem influenciar na ocorrência do acidente. [18], estudando o efeito da precipitação e sua contribuição na ocorrência de colisões, verificaram que nos períodos onde o tempo estava ruim houveram aumento nas colisões, todavia, não houve diferença nas condições clínicas dos acidentados, associando a precipitação com horas do dia os autores verificaram que precipitações à noite contribuem muito mais para a ocorrência do sinistro.

Santa Catarina foi representada pelos grupos 1, 2, 6 e 10. Os grupos 1 e 6 foram muito semelhantes entre as classes de acidentes mais frequentes, ambos ocorreram por colisão traseira, devido a falta de atenção, em pista reta e não houveram vítimas feridas, todavia no grupo 1 o acidente ocorreu pela manhã (não houve um período dominante, sendo necessário juntar duas classes para representar um turno mais recorrente) e com tempo nublado, enquanto o grupo 6 ocorreu no início da manhã e em condições climáticas boas.

No grupo 1 os acidentes ocorreram pela manhã e com tempo nublado, nesse grupo as condições climáticas podem ter interferido, contribuindo para a ocorrência do sinistro, diferente do grupo 6, onde a motivação aparente é a sonolência e eventual falta de atenção dos envolvidos devido o horário. [19] verificaram que o tempo de resposta dos condutores em condições de tempo nublado foi alto, ou seja, o tempo que os condutores levaram para identificar o problema, raciocinar e agir foi elevado, estando mais rápido somente que em dias chuvosos e com tempo de resposta mais lento que em condições boas, devido essa diferença há uma tendência maior de ocorrência de acidentes com o tempo nublado e em condições ruins.

O grupo 2 caracterizou-se por colisão transversal, no final da tarde, em condições de céu claro/sol, devido falta de atenção, em via reta e sem vítimas feridas. Acidentes envolvendo tratores devido à falta de atenção são comuns em Santa Catarina como apontam [5], os autores associam a falta de atenção dos operadores a fatores humanos, cognitivos e a carga de trabalho, podendo estar associado ao excesso de carga mental.

O grupo 10 foi constituído de saída de pista, devido a outras causas, no período da tarde, em condições de céu claro/sol, em pistas com traçado da via reto e sem vítimas feridas. Tipos de sinistros como saída de pista, estão relacionados a perda de controle do operador, se

enquadrando como outras causas. [20] apontam a perda de controle como a principal causa de acidentes em seu estudo, o que acaba ocasionando a saída de pista por parte dos tratores ou o capotamento.

O Rio Grande do Sul, estado com maior número de grupos, foi representado pelos grupos 3, 4, 5, 8, 9 e 11. O grupo 3 caracteriza-se por acidentes no final da manhã, colisão traseira, devido a defeito mecânico, em condições climáticas boas, com vítimas feridas e em pista reta.

Os acidentes ocorridos devido a defeito mecânico apresentado pela máquina, poderiam ter sido evitados, com a manutenção e conservação do trator de forma adequada. Manutenções realizadas adequadamente evitam quebras das máquinas em situações atípicas de trabalho, essas noções básicas são repassadas em cursos de operação e manutenção com tratores, uma carência grande por parte destes profissionais como apontam [21], os pesquisadores concluíram que há a necessidade de cursos emergenciais na região avaliada tendo em vista que 60% dos operadores já sofreram algum tipo de acidente e 70% nunca realizou nenhum tipo de curso formal na área para operador de máquinas agrícolas.

O grupo 4 caracteriza-se por colisão traseira, no final da tarde, devido à falta de atenção, com tempo nublado, sem vítimas feridas e em pista reta. Acidentes no fim da tarde e associados à falta de atenção, podem estar atrelados ao cansaço e fadiga do operador, junto a esses fatores, nesse grupo, está associado o tempo nublado no momento do acidente, associação desses fatores mais a falta de atenção dos envolvidos na colisão contribuíram para essa ocorrência. [22] relatam a dificuldade dos policiais em determinar que um acidente ocorreu devido a fadiga, isso depende da evidência e experiência do policial para tal classificação, outro ponto abordado é que acidentes envolvendo mais de um veículo o fator fadiga é mascarado sendo classificado erroneamente no relato do acidente, sendo necessário uma avaliação minuciosa dos eventos do acidente.

No grupo 5 teve o seguinte perfil: colisão lateral, no início da noite, por falta de atenção, sem vítimas, em pista reta e em condições boas. Trafegar com tratores no início da noite tem-se mostrado forte contribuinte para a ocorrência do sinistro, associado à falta de atenção dos envolvidos, essa ocorrência pode ter ocorrido devido a tentativa de ultrapassagem do motorista para evitar o acidente por não ter visto o trator a tempo, com a baixa iluminação natural, ou a não percepção do operador que estava sendo ultrapassado e ter movimentado o trator colidindo lateralmente com o carro. [23] verificaram em seu estudo que mais da metade dos entrevistados que sofreram acidentes com tratores atribuíram o fato a atitudes inseguras,

sendo que dentre as causas específicas foi apontado a falta de atenção como fator fundamental na ocorrência do evento.

Os acidentes do Grupo 8 representam: colisão transversal, no final da manhã, devido à falta de atenção, sem vítimas feridas, em condições de sol/céu claro em um cruzamento de pistas. Tal situação é comum de se ocorrer, devido o horário, possivelmente, em horário de intervalo, aumentando o fluxo de carros nas vias, provavelmente, devido à baixa visibilidade imposta por um cruzamento, algum dos envolvidos podem ter avançado no cruzamento sem prestar atenção. Como recomendação para evitar essas situações, os operadores devem evitar trafegar com as máquinas em horários de pico, horários com maior número de veículos trafegando nas vias, trafegar com bastante atenção, só adentrar com tratores em vias públicas com todas as sinalizações em perfeito estado, sempre que possível colocando nos tratores indicadores luminosos que identificam veículos de baixa velocidade e tornar as decisões visíveis através dos piscas.

No grupo 11 podem ser visualizados os acidentes devido à falta de atenção, colisão traseira, em traçado de pista reto, sem vítimas feridas e em condições climáticas boas (sol/céu claro). [24] tiveram resultados semelhantes a esse grupo com maior índice de colisões traseiras, sinistros devido à falta de atenção, em condições boas e entre às horas 09:00 e 11:59, os autores atribuem a maior ocorrência nesses horários devido a troca de turnos de trabalho dos funcionários, onde os operadores estão voltando para guardar as máquinas aumentando o fluxo de tratores e diminuindo sua atenção.

O grupo 9 trata-se de colisão traseira, no início da noite, devido à falta de atenção, em pista reta, em condições de céu claro/sol e com vítimas fatais. Nessa situação o operador adentra com a máquina na rodovia, a noite, que é um período com baixa visibilidade, colocando em risco sua vida e de terceiros, no Rio Grande do Sul esses eventos terminaram em vítimas fatais, seja a vítima, operador, motorista ou até mesmo os dois, assim faz-se necessário a conscientização dos operadores para não adentrarem com as máquinas nas vias nesse período, evitando-se assim a situação mais perigosa para os acidentados.

4. CONCLUSÃO

O uso combinado de técnicas de agrupamento com redes SOM se mostra uma excelente combinação para representação e análise de acidentes, por trabalhar com várias variáveis, permitindo um estudo exploratório mais completo dos sinistros.

As classes dos indicadores que ativaram mais neurônios, por consequência, mais frequentes, são: colisão traseira, falta de atenção e outras causas, céu claro\sol, sem vítimas feridas, pista reta e no período da manhã.

Situações que proporcionaram maior risco, grupos de sinistros com vítimas feridas ou fatais, foram: a desobediência a sinalização da via acarretando em colisões e o tráfego com trator no período da noite que culminou em colisões traseiras.

Recomenda-se que não ocorra o tráfego de máquinas a noite de forma a reduzir a colisão e a consequente mortalidade dos envolvidos nos acidentes.

AGRADECIMENTO (S)

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a 16ª Superintendência da Polícia Rodoviária Federal.

REFERÊNCIAS

- [1] ANTUNES, S.M.; CORDEIRO, C.; TEIXEIRA, H.M. Analysis of fatal acidentes with tractors in the Centre of Portugal: Ten years analysis. **Forensic Science International**, v. 287, p. 74-80, 2018.
- [2] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017 - **Resultados Preliminares**, v.7, 2017, 108 f.
- [3] MACEDO, D.X.S.; MONTEIRO, L.A.; SANTOS, V.C.; COSTA, E.; ALBIERO, D. Uso de técnicas de agrupamento e rede neural em sinistros com máquinas agrícolas nas rodovias federais paranaenses. **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 1, p. 14-21, 2018.
- [4] LIMA, I.O.; MONTEIRO, L.A.; NASCIMENTO, E.M.S.; MELO, R.P.; SANTOS, M.A.M. Acidentes com tratores nas regiões brasileiras. **Energia na agricultura**, v. 34, n. 1, p. 1-9, 2019.
- [5] VEIGA, R.K.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; MAAS, L.; ODORIZZI, W. Caracterização de acidentes com tratores de rabiças no cultivo da cebola em Santa Catarina. **Horticultura brasileira**, v. 35, n. 1, p. 124-128, 2017.
- [6] SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p.977-981, 2002.
- [7] DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J.F.; WILES, J.A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 779-784, 2004.

- [8] MACEDO, D.X.S.; MONTEIRO, L.A.; SANTOS, V.C.; ALBIERO, D.; CHIODEROLI, C.A. Caracterização dos acidentes com máquinas agrícolas em rodovias federais no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 43-46, 2015.
- [9] RONDELLI, V.; CASAZZA, C.; MARTELLI, R. Tractor rollover fatalities, analyzing accident scenario. **Journal of Safety Research**, v. 67, p. 99-106, 2018.
- [10] COMBERTI, L.; DEMICHELA, M.; BALDISSONE, G.; FOIS, G.; LUZZI, R. large occupational accidents data analysis with a coupled unsupervised algorithm: The S.O.M. k-means method. An application to the wood industry. **Safety**, v.4, n. 4, p. 1-22, 2018.
- [11] PRATO, C.G.; GITELMAN, V.; BEKHOR, S. Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel. **Accident Analysis and Prevention**, v. 44, n.1, p.56-62, 2012.
- [12] MOURA, R.; BEER, M.; PATELLI, E.; LEWIS, J. Learning from major accidents: Graphical representation and analysis of multi-attribute events to enhance risk communication. **Safety Science**, v. 99, p. 58-70, 2017.
- [13] PALAMARA, F.; PIGLIONE, F.; PICCININI, N. Self-organizing map and clustering algorithms for the analysis of occupational accident databases. **Safety Science**, v. 49, n. 9, p. 1215-1230, 2011.
- [14] MARQUES, M.C. Comparação entre os métodos de agrupamentos Kmeans e Mapa de Kohonen (SOM) em análise de pesquisa de mercado. **Revista Inteligência Computacional Aplicada**, v. 6, p.1-9, 2008.
- [15] ALIKHANI, M.; NEDAIE, A.; AHMADVAND, A. Presentation of clustering-classification heuristic method for improvement accuracy in classification of severity of road accidents in Iran. **Safety Science**, v. 60, p.142-150, 2013.
- [16] RESTA, M.; SONNESSA, M.; TÀN FANI, E.; TESTI, A. Unsupervised neural networks for clustering emergent patient flows. **Operations Research for Health Care**, v. 18, p. 41-51, 2018.
- [17] CARBONARI, R.; DI MAIO, R.; PIEGARI, E.; D'AURIA, L.; ESPOSITO, A.; PETRILLO, Z. Filtering of noisy magnetotelluric signals by SOM neural networks. **Physics of the Earth and Planetary Interiors**, v. 285, p. 12-22, 2018.
- [18] BLACK, A.W.; MOTE, T.L. Effects of winter precipitation on automobile collisions, injuries, and fatalities in the United States. **Journal of Transport Georgraphy**, v. 48, p. 165-175, 2015.

- [19] CHAKRABARTYA, N.; GUPTAB, K. Analysis of driver behaviour and crash characteristics during adverse weather conditions. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 104, n. 2, p. 1048-1057, 2013.
- [20] MONTEMOR, C.; VELOSO, L.; AREOSA, J. Acidentes com tratores agrícolas e florestais: aprender a prevenir. **Revista da Faculdade de Letras da Universidade de Porto**, Lisboa, v. 30, p. 119-143, 2015.
- [21] FLORES, F.J.S.; RINALDI, P.C.N.; ALVARENGA, C.B.; FERNANDES, H.C.; CIDRINI, I.A. Acidentes com tratores agrícolas em Rio Pomba, Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Agrotecnologia**, v. 6, n. 1, p. 102-115, 2015.
- [22] LI, Y.; TOSHIYUKI, Y.; GUANGNAN, Z. Understanding factors associated with misclassification of fatigue-related accidents in police record. **Journal of Safety Research**, v. 64, p. 155-162, 2018.
- [23] ODORIZZI, W.; VEIGA, R.K.; MASIERO, F.C. Acidentes com máquinas agrícolas: pesquisa e extensão realizada com alunos do IFC campus Rio do Sul. **Revista Extensão Tecnológica**, v. 1, n. 2, p. 115-119, 2014.
- [24] MACEDO, D.X.S.; MONTEIRO, L.A.; SANTOS, V.C.; CHIODEROLI, C.A.; ALBIERO, D. Characterization of accidents involving tractors in Brazilian federal highways in the state of Minas Gerais. **African Journal of Agricultural Research**, v. 31, n. 10, p. 3049-3055, 2015.