



UnB

**CIC0203 - Computação Experimental -
TA - 2022.2 - Tarefa T6 - Aprimoramento
de uma Simulação**

URL Read-only Overleaf: <https://www.overleaf.com/read/cqckzkkmwhfg>

Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)

Brasília, 2023-01-06 18:57:47Z

Lista de tarefas pendentes

Sumário

I	Simulação Computacional	3
1	T6 - Aprimoramento de uma Simulação: Laboratório e Experimento Incêndios Florestais e Saúde Arbórea, por Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)	7
1.1	Introdução	7
1.2	O Fenômeno do Mundo Real	7
1.3	O Laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea	8
1.3.1	O Conceito da Simulação	8
1.3.2	O Simulador	8
1.3.2.1	Variáveis Independentes ou de Controle	9
1.3.2.2	Variáveis Dependentes	9
1.3.2.3	Grid	11
1.3.3	A Hipótese Causal	12
1.3.4	O Código do Simulador	13
1.4	Os Experimentos Realizados	14
1.4.1	Experimento 1	14
1.4.1.1	Variáveis Independentes	14
1.4.1.2	Grid pós-simulação	15
1.4.1.3	Gráficos Produzidos	16
1.4.2	Experimento 2	17
1.4.2.1	Variáveis Independentes	17
1.4.2.2	Grid pós-simulação	18
1.4.2.3	Gráficos Produzidos	19
1.4.3	Experimento 3	20
1.4.3.1	Variáveis Independentes	20
1.4.3.2	Grid pós-simulação	21
1.4.3.3	Gráficos Produzidos	22
1.5	Discussão e <i>insights</i> preliminares sobre as hipóteses	23
1.6	Conclusão	23
	Bibliografia	25

SUMÁRIO

Lista de Figuras

1.1	Variáveis independentes manipuláveis na interface do simulador	9
1.2	Gráfico que apresenta a relação entre as áreas queimadas e preservadas	10
1.3	Capacidade de autorrecuperação da área queimada	11
1.4	Grid de simulação	12
1.5	Variáveis Independentes do Experimento 1	14
1.6	Grid Experimento 1	15
1.7	Área Preservada/Queimada no Experimento 1	16
1.8	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 1	16
1.9	Variáveis Independentes do Experimento 2	17
1.10	Grid Experimento 2	18
1.11	Área Preservada/Queimada no Experimento 2	19
1.12	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2	19
1.13	Variáveis Independentes do Experimento 3	20
1.14	Grid Experimento 3	21
1.15	Área Preservada/Queimada no Experimento 3	22
1.16	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2	22

LISTA DE FIGURAS

Lista de Tabelas

Resumo

Este documento contém o produto da tarefa especificada no título deste documento, conforme as orientações em <https://www.overleaf.com/read/cytswcjsxxqh>.

Parte I

Simulação Computacional

hyperref listings

Capítulo 1

T6 - Aprimoramento de uma Simulação: Laboratório e Experimento Incêndios Florestais e Saúde Arbórea, por Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)

1.1 Introdução

Este capítulo apresenta a construção e uso do laboratório de simulações de incêndios florestais para a realização de experimentos que tem por objetivo investigar a hipótese causal “saúde arbórea” que relaciona variáveis independentes e variáveis dependentes, supostamente presente nos estudos bibliométricos por mim realizados e disponíveis na tarefa T4.

É composto por mais cinco seções:

1. Descrição do fenômeno real;
2. Apresentação do laboratório de simulações;
3. Apresentação de análises exploratórias dos dados de experimentos realizados com o uso do laboratório;
4. Discussão sobre *insights* obtidos após os experimentos; e
5. Conclusões.

1.2 O Fenômeno do Mundo Real

Atualmente é de grande preocupação na comunidade científica internacional a produção de conhecimento acerca de incêndios florestais. Esses causam grande devastação da fauna e flora

locais e isso leva a consequências desastrosas para a área afetada e para o planeta de um modo geral.

Algumas das consequências conhecidas, de acordo com ([MAUGER, 2009](#)) incluem:

- Impactos Negativos no Clima
- Problemas de Saúde
- Morte de Animais e Plantas
- Degradação do Solo

1.3 O Laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea

O laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea consiste na simulação de incêndios em áreas com percentual de saúde das árvores definido pelo usuário e visa a análise das consequências desse percentual na capacidade de autorrecuperação da área.

1.3.1 O Conceito da Simulação

A código fonte dessa simulação foi baseado inteiramente no exemplo “forest-fire” do framework MESA e pode ser encontrado na íntegra [neste link](#).

De acordo com ([PROJECT MESA, 2021](#)): “The forest fire model is a simple, cellular automaton simulation of a fire spreading through a forest. The forest is a grid of cells, each of which can either be empty or contain a tree. Trees can be unburned, on fire, or burned. The fire spreads from every on-fire tree to unburned neighbors; the on-fire tree then becomes burned. This continues until the fire dies out.” ¹

Nesse laboratório o interesse pelo código importado está na possibilidade de alterar a densidade florestal da área em análise, facilmente. Além disso, o conceito de espalhamento do fogo através da transmissão por contato apresenta grau adequado de semelhança com fenômenos no mundo real

1.3.2 O Simulador

Apresentar a interface com o usuário da simulação de forma textual e gráfica.

¹“O modelo de incêndio florestal é uma simulação de autômato celular simples de um incêndio se espalhando por uma floresta. A floresta é uma grade de células, cada uma das quais pode estar vazia ou conter uma árvore. As árvores podem estar não queimadas, em chamas ou queimadas. O fogo se espalha de cada árvore em chamas para vizinhos não queimados; a árvore em chamas então é queimada. Isso continua até que o fogo se apague.”

1.3.2.1 Variáveis Independentes ou de Controle

São as seguintes as variáveis Independentes ou de Controle, manipuláveis na interface gráfica do simulador:

Tree Density Variável padrão do modelo. Regula a quantidade de árvores colocadas de forma aleatória no grid de simulação. Nesse modelo, a densidade da área é importante porque o fogo do incêndio só é transmitido por proximidade/vizinhança.

Healthy Tree Percentage Variável adicionada nesta alteração do modelo. Ela visa definir de forma aleatória o percentual de árvores da simulação que serão completamente saudáveis, ou seja, que não aderirão ao incêndio.

A interface de interação com o usuário e que permite a manipulação das variáveis acima citadas pode ser visualizada na figura 1.1.

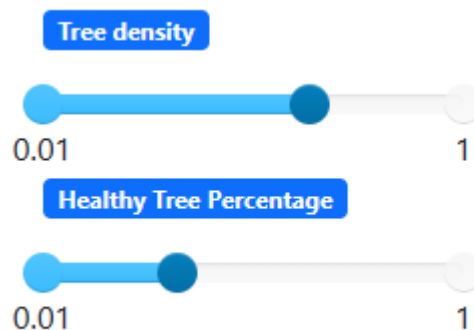


Figura 1.1: Variáveis independentes manipuláveis na interface do simulador

1.3.2.2 Variáveis Dependentes

São as seguintes as variáveis Dependentes, cujos valores são coletados e apresentados na interface gráfica do simulador:

Área preservada e Queimada Variável independente apresentada através de um gráfico de pizza. Relaciona a quantidade de árvores queimadas, em chamas e sadias. Com este dado é possível perceber quais os estados de árvores persistem na área após a simulação.

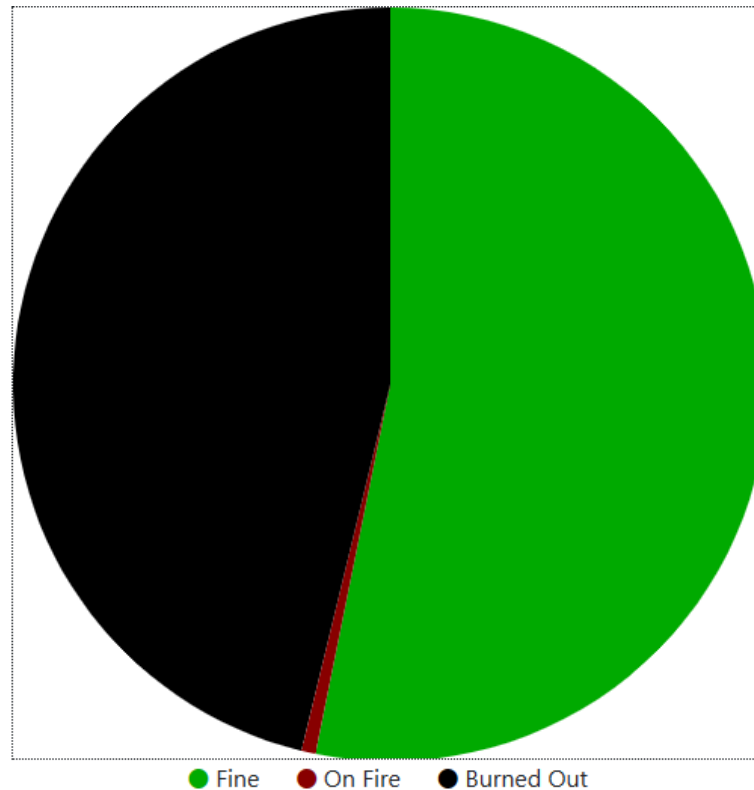


Figura 1.2: Gráfico que apresenta a relação entre as áreas queimadas e preservadas

Capacidade de Recuperação da Área Queimada Variável que considera a capacidade de uma árvore não queimada de recuperar no mínimo mais uma árvore queimada após o incêndio. Ou seja, apresenta a taxa de autorrecuperação no ambiente simulado. Um exemplo pode ser visto na figura 1.3, onde o percentual de recuperação é de apenas 36,46% das 5698 árvores queimadas, ou seja, a quantidade de árvores queimadas superou a quantidade de árvores sadias de modo que área não consegue voltar a ser o que era antes do início do incêndio.

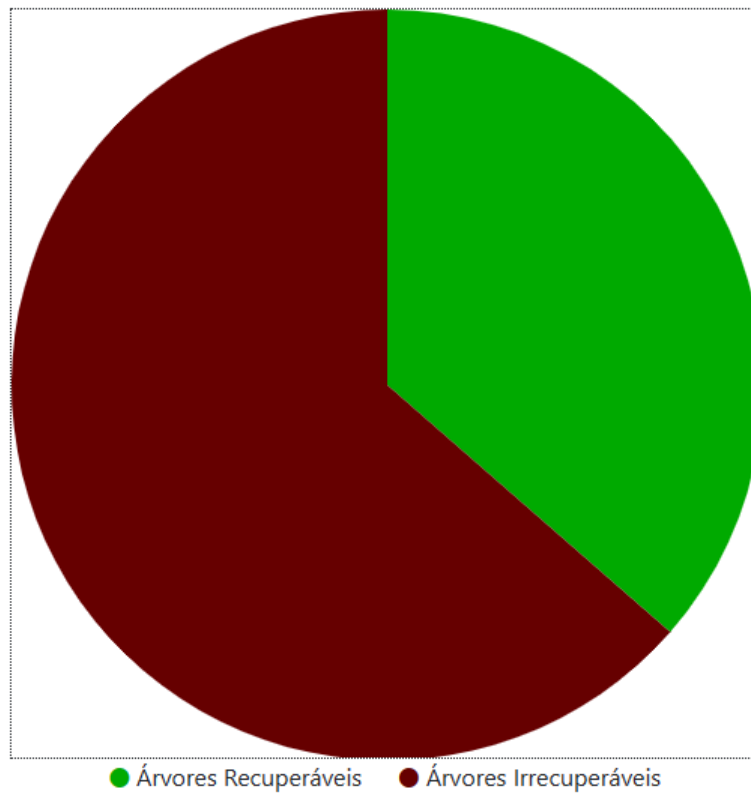


Figura 1.3: Capacidade de autorrecuperação da área queimada

1.3.2.3 Grid

O Grid ou área de simulação é composto por 5 cores principais que são especificadas abaixo:

- Vermelho: Representa as árvores em chamas
- Verde claro: Árvores suscetíveis ao fogo
- Verde escuro: Árvores saudáveis
- Preto: Árvores queimadas
- Branco: Células vazias

A figura 1.4 apresenta um exemplo de simulação em andamento.

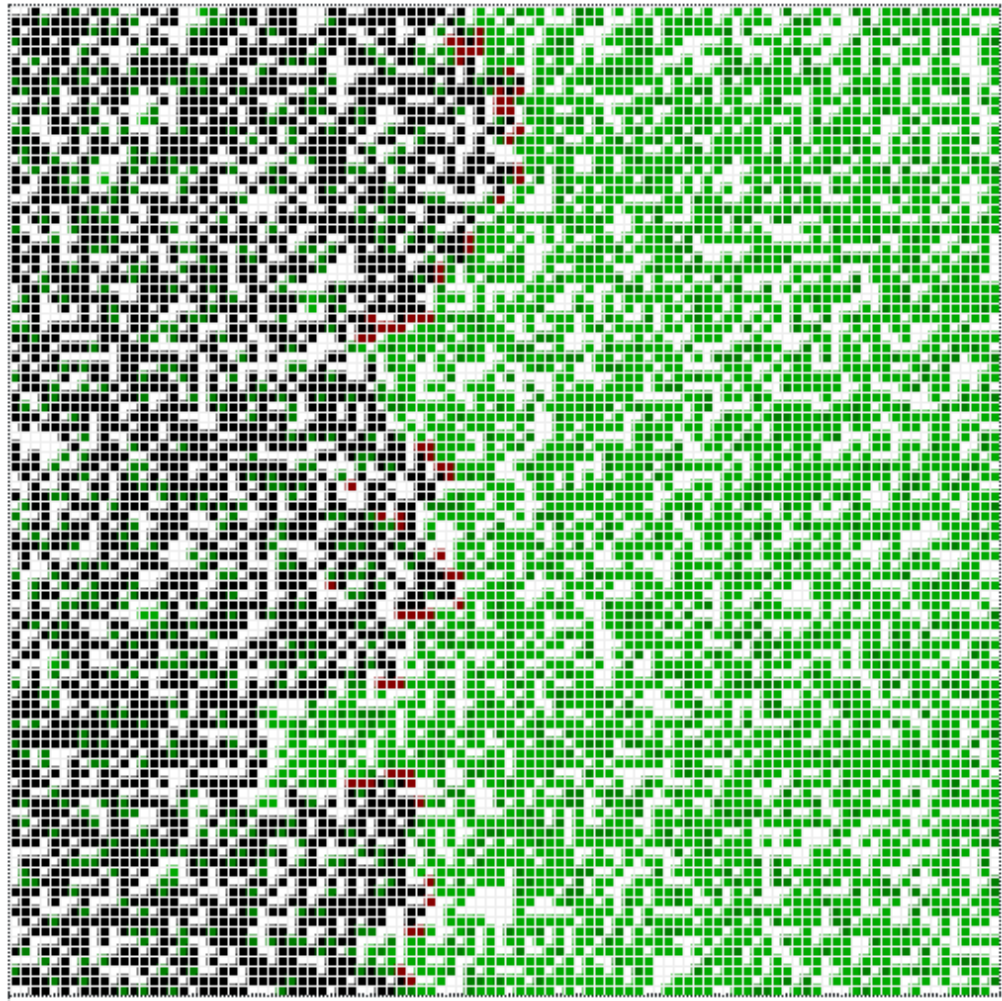


Figura 1.4: Grid de simulação

1.3.3 A Hipótese Causal

A hipótese trabalhada neste laboratório busca comprovar a influência da saúde geral das árvores e consequentemente das florestas na retardação de incêndios florestais e na capacidade de autorrecuperação da área.

A pesquisa bibliométrica feita anteriormente demonstrou um interesse da comunidade científica em explorar variáveis independentes que afetam os ambientes florestais e que os tornam, ou não, mais propícios aos incêndios.

“Em circunstâncias normais, por causa dos altos níveis de umidade, a floresta amazônica não queima. No entanto, a seca extrema torna a floresta temporariamente inflamável.” (ALISSON, 2021) Essa afirmação nos ajuda a entender e captar uma variável dependente fundamental e determinante à saúde arbórea. Adicionalmente de acordo com Bernabé Moya à (MARTINS, 2015)(BBC) em estudo de folhas e ramos de ciprestes: “O fato de essas plantas

terem mais água faz com que elas apresentem uma resistência maior às chamas”. Ou seja, pode-se concluir que a taxa de umidade presente nas plantas é determinante na aderência ou não ao fogo.

Desse modo, nesta primeira alteração do modelo de simulação a nova variável independente (1.3.2.2), foi pensada como fator universal de todos as características que podem influenciar ambientalmente a flora de uma área.

1.3.4 O Código do Simulador

Fazem parte do código fonte do simulador fornecido pelo (PROJECT MESA, 2021) as seguintes principais classes:

- Árvore

- A classe é responsável pela definição do comportamento das células árvore da simulação
- Como alteração foi adicionada um novo atributo: “health”, responsável pela aderência ou não da célula ao fogo.

```
class TreeCell(mesa.Agent):
    def __init__(self, pos, model):
        super().__init__(pos, model)
        self.pos = pos
        self.condition = "Fine"
        self.health = "Unhealthy"
```

- A cada passo a célula avalia se está em chamas e tenta espalhar o fogo para suas árvores vizinhas avaliando seus atributos.

```
def step(self):
    if self.condition == "On Fire":
        for neighbor in self.model.grid.iter_neighbors(self.pos, True):
            if neighbor.condition == "Fine" and neighbor.health == "Unhealthy":
                neighbor.condition = "On Fire"
        self.condition = "Burned Out"
```

- Incêndio

- Responsável pela parte funcional da simulação. Inicialmente os incêndios são instanciados com valores padrão apresentados no código abaixo:

```
def __init__(self, width=100, height=100, density=0.65, health_percentage=0.3)
```

- Foram adicionados dois novos valores a serem coletados pelo método padrão do simulador e projetados graficamente. São eles: “Árvores Recuperáveis” e “Árvores Irrecuperáveis”. Os dois juntamente com a lógica de seus cálculos podem ser visto abaixo:

```
self.datacollector = mesa.DataCollector(
    {
        "Fine": lambda m: self.count_type(m, "Fine"),
        "On Fire": lambda m: self.count_type(m, "On Fire"),
        "Burned Out": lambda m: self.count_type(m, "Burned Out"),
        "Árvores Recuperáveis":
            lambda m: (self.count_type(m, "Fine")/self.count_type(m, "Burned Out")
            if self.count_type(m, "Burned Out") != 0 else 1)*100,
```

```

"Árvores Irrecuperáveis":
lambda m: 100 - ((self.count_type(m, "Fine")/self.count_type(m, "Burned Out")
if self.count_type(m, "Burned Out") != 0 else 1)*100),
)

```

- Para popular o grid, foi adicionada uma nova condição que define o atributo saúde da árvore conforme a taxa correspondente configurada pelo usuário. A condição pode ser vista abaixo:

```

if self.random.random() < health_percentage:
    new_tree.health = "Healthy"

```

- A cada passo a simulação coleta novamente os valores dos dados sendo projetados nos gráficos e avalia se a simulação pode parar.

```

def step(self):
    self.schedule.step()

    self.datacollector.collect(self)

    if self.count_type(self, "On Fire") == 0:
        self.running = False

```

1.4 Os Experimentos Realizados

Foram feitos 3 experimentos para a captação de dados e a tentativa de provar a hipótese causal. A densidade da área foi preservada nos 3 experimentos de modo a avaliar somente as alterações na simulação influenciadas pela variável “saúde arbórea”. Os valores das variáveis independentes assim como os gráficos produzidos estão apresentados abaixo:

1.4.1 Experimento 1

1.4.1.1 Variáveis Independentes



Figura 1.5: Variáveis Independentes do Experimento 1

1.4.1.2 Grid pós-simulação

Current Step: 10

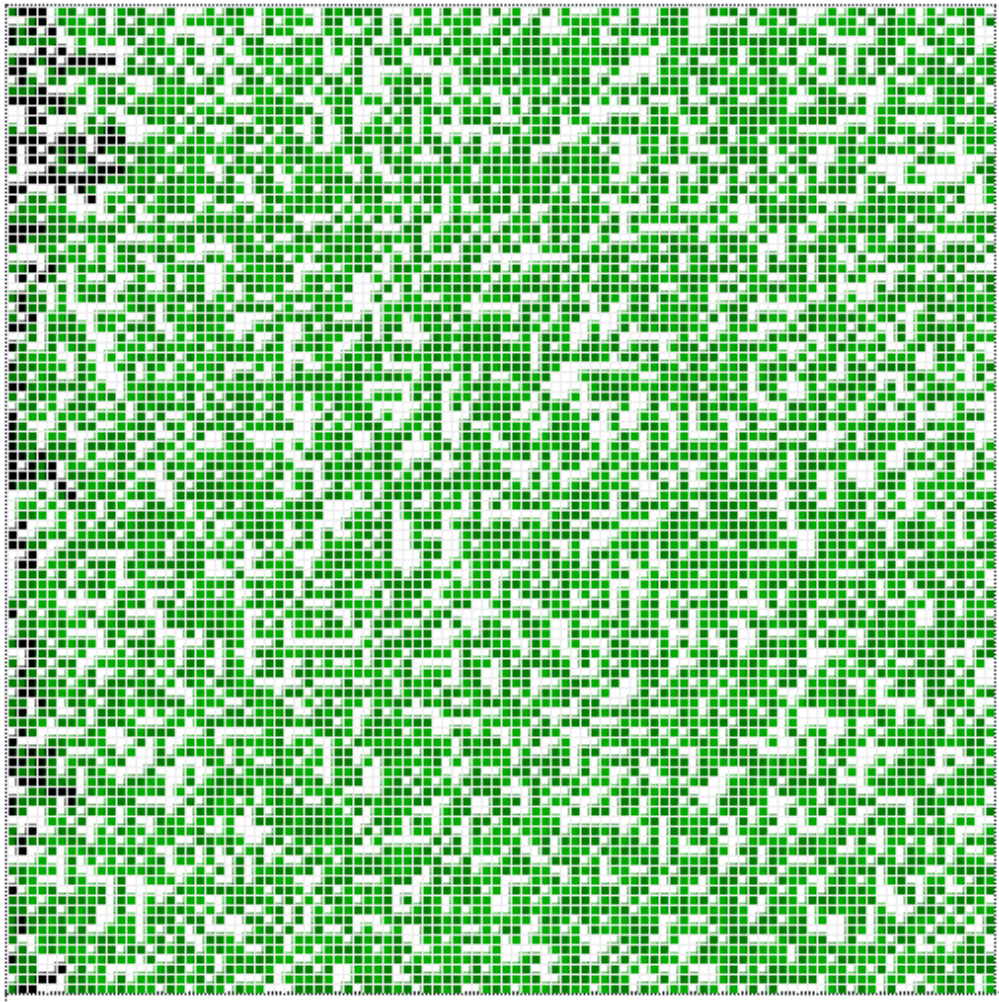


Figura 1.6: Grid Experimento 1

1.4.1.3 Gráficos Produzidos

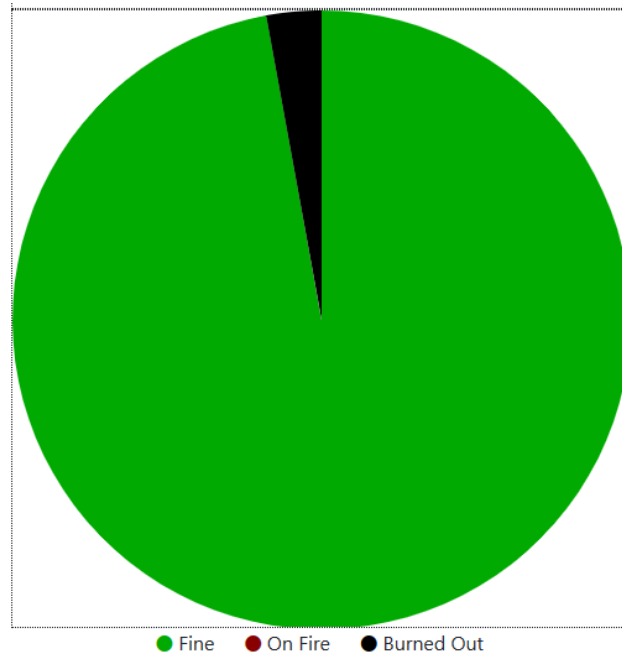


Figura 1.7: Área Preservada/Queimada no Experimento 1

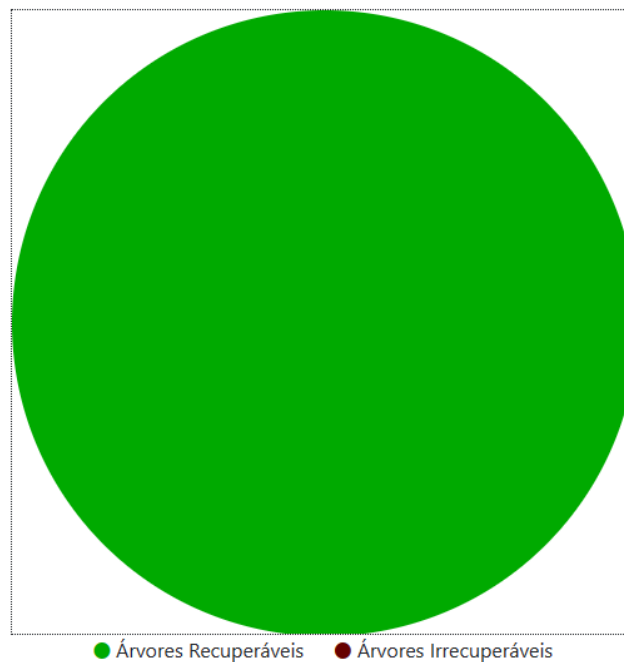


Figura 1.8: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 1

1.4.2 Experimento 2

1.4.2.1 Variáveis Independentes

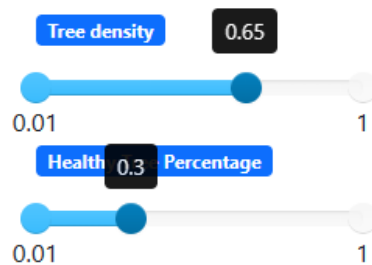


Figura 1.9: Variáveis Independentes do Experimento 2

1.4.2.2 Grid pós-simulação

Current Step: 72

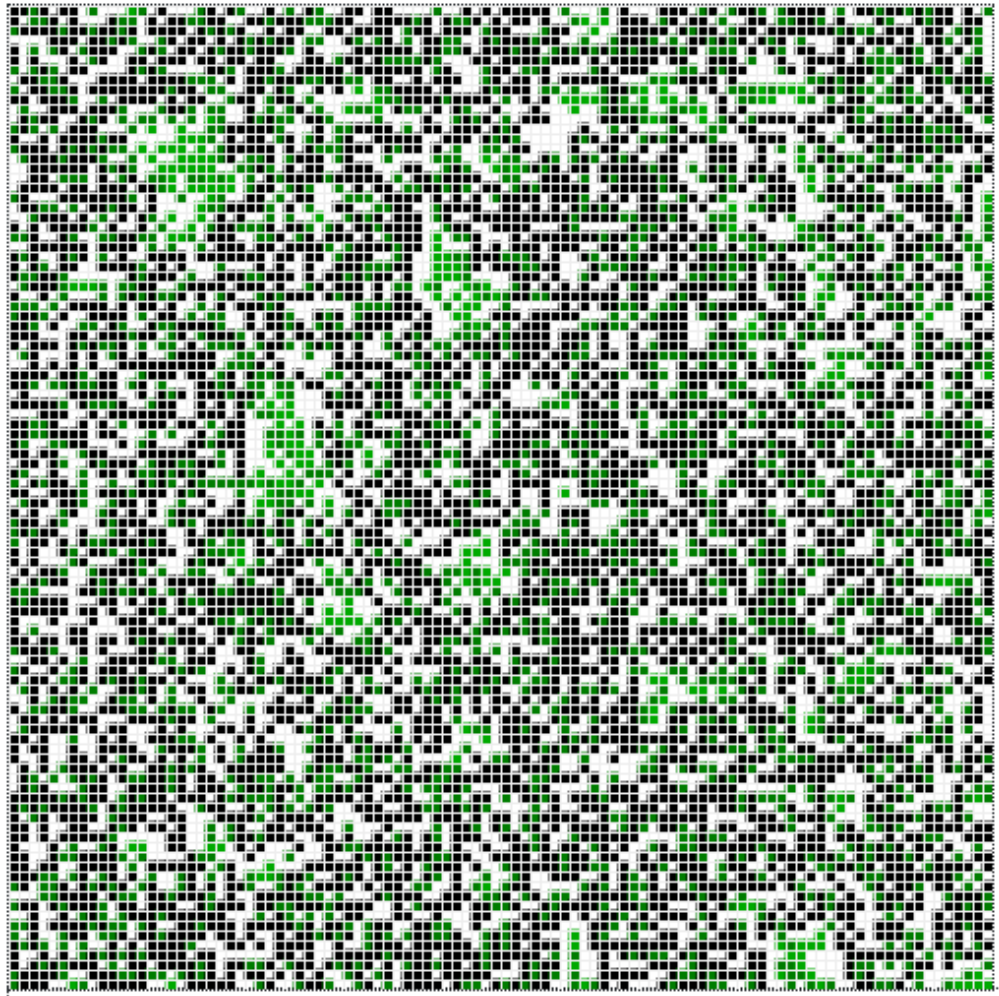


Figura 1.10: Grid Experimento 2

1.4.2.3 Gráficos Produzidos

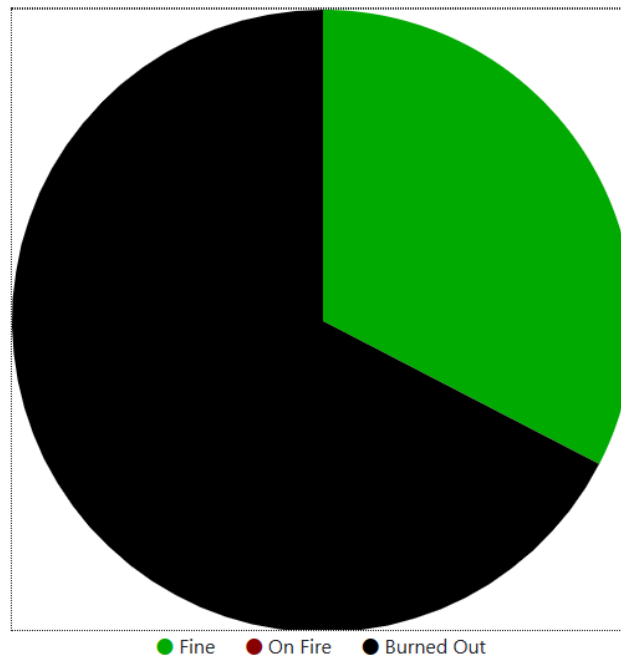


Figura 1.11: Área Preservada/Queimada no Experimento 2

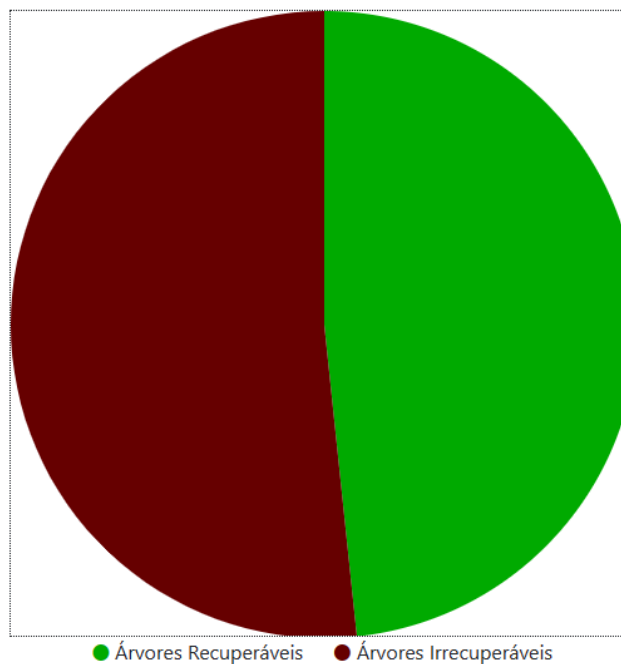


Figura 1.12: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2

1.4.3 Experimento 3

1.4.3.1 Variáveis Independentes

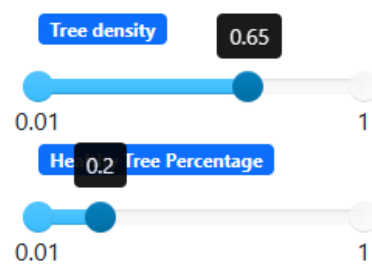


Figura 1.13: Variáveis Independentes do Experimento 3

1.4.3.2 Grid pós-simulação

Current Step: 45

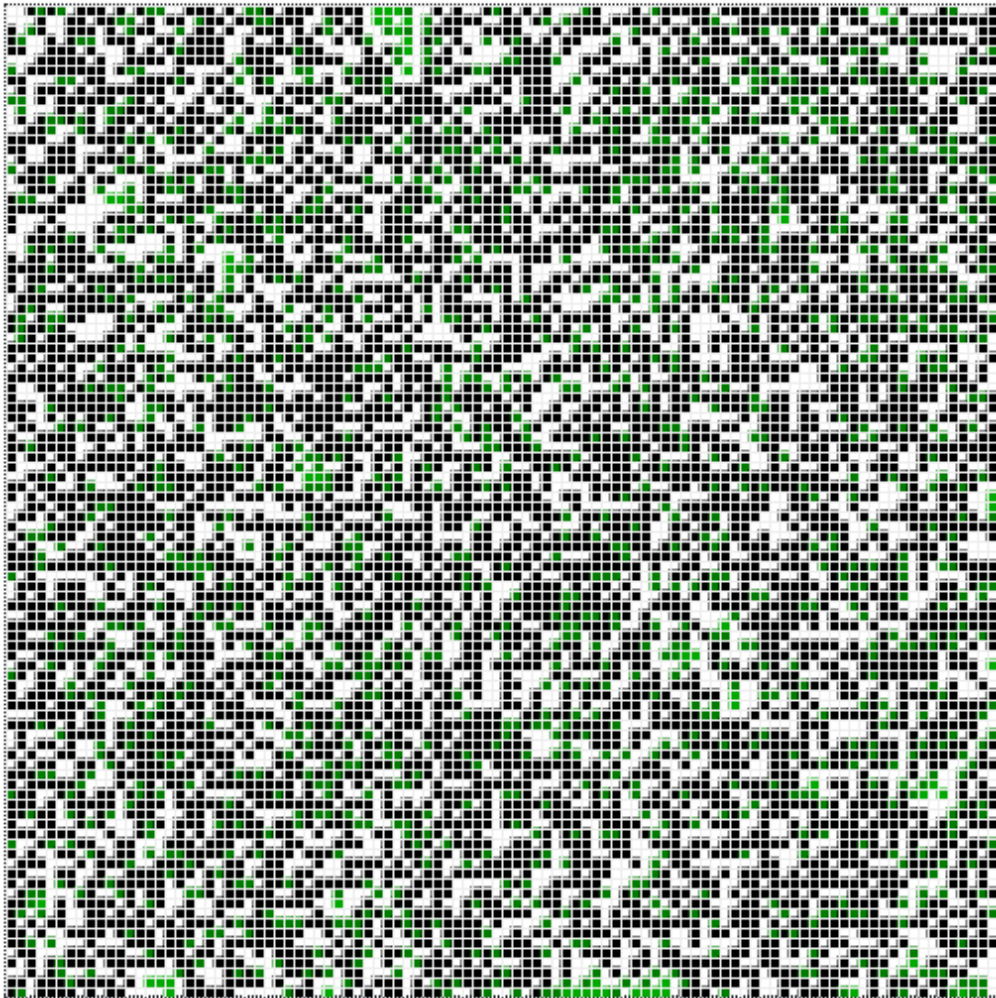


Figura 1.14: Grid Experimento 3

1.4.3.3 Gráficos Produzidos

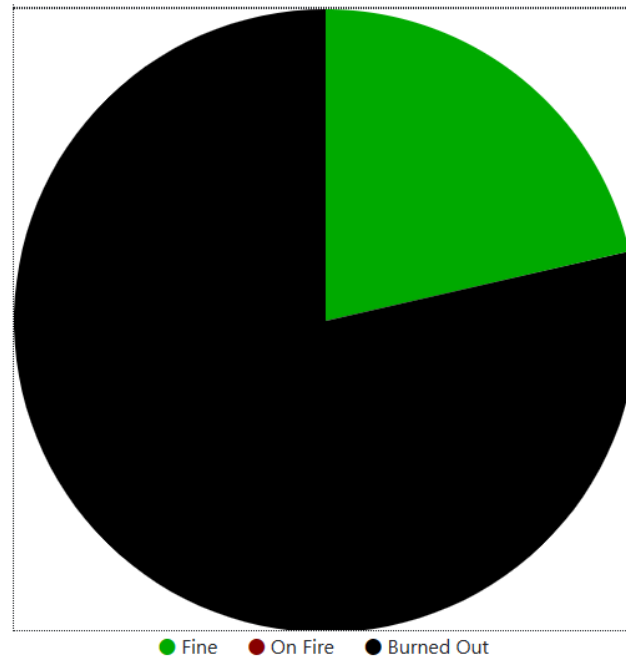


Figura 1.15: Área Preservada/Queimada no Experimento 3

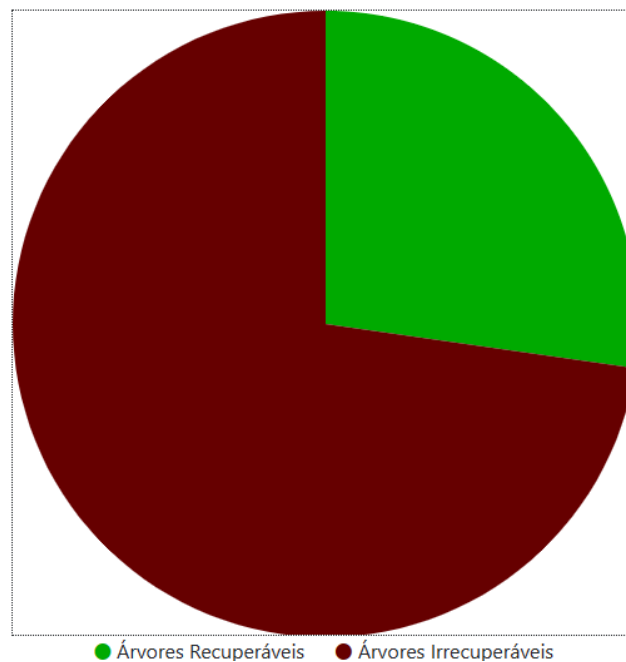


Figura 1.16: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2

1.5 Discussão e *insights* preliminares sobre as hipóteses

Dos resultados dos experimentos realizados fica claro que a hipótese causal parece estar correta com relação à influência da saúde arbórea no retardamento de incêndios. É visível nos resultados apresentados que quando a porcentagem de árvores saudáveis foi elevada, houve uma maior preservação do índice de recuperação da área.

No entanto, uma variável tão generalizada como a atual taxa de saúde geral da área considerada como um todo e que engloba diversos aspectos pode não significar tanto no mundo real. Isso porque há múltiplos fatores que podem ser considerados futuramente como variáveis independentes expandidas a partir da variável “saúde arbórea”, como por exemplo temperatura do ambiente e nível de umidade, que por sua vez podem ser englobados por uma taxa de emissão de gases na atmosfera e assim sucessivamente.

1.6 Conclusão

A dinâmica de experimentação desse laboratório tem sido enriquecedora no entendimento de como a alteração das variáveis independentes pode culminar em ambientes de simulação diversos.

Pode-se concluir que a hipótese causal e a simulação estão no caminho certo, mas para as próximas etapas o ideal é que seja feita uma especialização/expansão da principal variável independente (saúde arbórea) de modo que quanto mais altos os índices das variáveis independente especializadas, menor a quantidade de árvores saudáveis. Isto é, continuar trabalhando a variável “saúde arbórea”, mas de forma indireta.

Bibliografia

- ALISSON, Elton. *Seca e fogo amplificam morte de árvores e emissões de CO₂ na Amazônia - eCycle*. pt-BR. Jul. 2021. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/seca-e-fogo-amplificam-morte-de-arvores-e-emissoes-de-co2-na-amazonia/>>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 12.
- MARTINS, Alejandra. *Desvendado mistério das árvores que resistem a incêndios florestais*. pt-BR. Set. 2015. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/09/150901_ciprestes_misterio_incendio_rm>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 12.
- MAUGER, João Santana. *Incêndios Florestais - Causas, Consequências e Como Evitar*. 2009. Disponível em: <<https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 8.
- PROJECT MESA. *Mesa: Agent-based modeling in Python 3+ — Mesa .1 documentation*. Disponível em: <<https://mesa.readthedocs.io/en/latest/>>. Acesso em: 20 jul. 2021. Citado nas pp. 8, 13.