

# Aprendizado Ensemble - Florestas Aleatórias

## Trabalho 1 – INF01017 – 2021/1

Profa. Mariana Recamonde Mendoza  
mrmendoza@inf.ufrgs.br

### 1 Objetivo

O Trabalho 1 da disciplina consiste na implementação do algoritmo de Florestas Aleatórias (*Random Forests*) para tarefas de classificação seguindo o paradigma de aprendizado *ensemble*, i.e., o uso de múltiplos modelos. O trabalho será desenvolvido em **grupos de 2 ou 3 alunos**<sup>1</sup> e inclui a implementação de todas as características principais do algoritmo de Florestas Aleatórias discutidas em aula. Em particular, os grupos deverão implementar:

- O algoritmo de indução de uma árvore de decisão, usando como critério de seleção de atributos para divisão de nós o Ganho de Informação (baseado no conceito de entropia), como visto na disciplina, tratando tanto atributos categóricos quanto numéricos;
- Uma função para percorrer a árvore de decisão treinada e realizar a classificação de uma nova instância (do conjunto de teste);
- O mecanismo de bootstrap (amostragem com reposição) para geração de subconjuntos a partir do conjunto de dados de treinamento originais. Cada bootstrap será utilizado para o treinamento de uma árvore no aprendizado *ensemble*;
- O mecanismo de amostragem de  $m$  atributos a cada divisão de nó, a partir dos quais será selecionado o melhor atributo de acordo com o critério de Ganho de Informação;
- O treinamento de um *ensemble* de árvores de decisão, adotando os mecanismos de bootstrap e seleção de atributos com amostragem, como mencionados acima;
- O mecanismo de votação majoritária entre as múltiplas árvores de decisão no *ensemble*, para classificação de novas instâncias utilizando o modelo de Florestas Aleatórias;
- A técnica de validação cruzada (*cross-validation*) **estratificada**, para avaliar poder de generalização do modelo e a variação de desempenho de acordo com diferentes valores para os parâmetros do algoritmo (ex., número de árvores no *ensemble*).
- Avaliação do impacto do número de árvores no desempenho do *ensemble*.

A divisão de nós no algoritmo básico de indução de árvores de decisão deve ser tratada tanto para atributos categóricos quanto atributos numéricos. Para atributos numéricos, sugere-se utilizar como valor de divisão do nó a média aritmética entre os valores do atributo na partição analisada, a fim de simplificar os cálculos. No entanto, os grupos podem optar por adotar outra estratégia para definição deste valor, conforme visto em aula (ver Aula 03) ou baseado em revisão da literatura. Os grupos podem assumir que o tipo de cada atributo será informado manualmente junto com o *dataset* para classificação.

Cada grupo, ao aplicar sua implementação de Florestas Aleatórias nos problemas de classificação, deverá utilizar a metodologia de validação cruzada (*cross-validation*) estratificada, a fim de avaliar o desempenho do modelo e o efeito de diferentes valores de parâmetros no aprendizado do algoritmo.

---

<sup>1</sup>Recomenda-se manter a mesma formação de grupos para todos os trabalhos práticos da disciplina

Especificamente, o parâmetro a ser otimizado neste trabalho é **número de árvores no *ensemble* (*ntree*)**, tal que a implementação deve ser executada para diferentes número de árvores no *ensemble* (ex: 10, 25, 50,...) - onde a escolha do limite superior dependerá de custos computacionais envolvidos na execução do algoritmo - e os respectivos desempenhos deverão ser comparados.

O **número de atributos amostrados (*m*)** pode ser configurado de acordo com o valor padrão sugerido na literatura para tarefas de classificação, i.e., raiz quadrada do número total de atributos no *dataset*. Opcionalmente, os grupos podem otimizar este valor.

Todos os trabalhos submetidos serão examinados de forma manual e também comparados com implementações conhecidas de algoritmos de indução de árvore e com as implementações dos demais alunos (inclusive de semestres anteriores), a fim de detectar plágios. É proibido o uso, total ou parcial, de bibliotecas ou implementações de aprendizado de máquina que resolvam partes deste projeto. Podem ser utilizadas, no entanto, bibliotecas que auxiliem na manipulação de dados tabelados e amostragem de dados. Se houver quaisquer dúvidas sobre se algum recurso de software pode ou não ser utilizado, por favor consultem a professora antes de fazê-lo.

## 2 Entrega de Resultados: até 24/10/2021

- Os grupos deverão enviar seu código fonte, relatório e link para vídeo de apresentação do trabalho pelo Moodle do INF até a data de entrega do trabalho (ver na seção "Critérios de avaliação" a política adotada para entregas com atraso).
- O código fonte pode ser implementado em qualquer linguagem de programação de preferência dos alunos, mas deverá ser enviado com instruções de como rodar o código (um arquivo README, por exemplo)
- O relatório deverá estar em formato **pdf**, e deverá conter uma descrição das características gerais da implementação de cada grupo (p.ex., descrição das estruturas de dados utilizadas para armazenar as árvores, como é feita a classificação de novas instâncias, detalhes sobre possíveis otimizações feitas para tornar o algoritmo mais eficiente, etc), análise da corretude da implementação (ver item abaixo), e análise de desempenho do algoritmo implementados para diferentes valores de *ntree* em *datasets* selecionados pela professora;
- O vídeo de apresentação do trabalho deverá ter no máximo 8 minutos e deverá focar na apresentação dos resultados (desempenhos obtidos) dos *datasets* indicados, bem como na discussão e reflexão sobre dificuldades enfrentadas ao longo da implementação. Isto é, os alunos devem apontar e discutir limitações das implementações em relação aos requisitos básicos do trabalho. Deverá ser enviado o link para o vídeo (no relatório ou arquivo separado na submissão), o qual pode ser depositado no Youtube (formato "Não listado", por exemplo), ou em algum outro repositório selecionado pelos alunos, desde que acessível via link.

### Avaliação de desempenho dos algoritmos para o relatório

- Cada grupo deverá apresentar em seu relatório a árvore induzida por sua implementação para um conjunto de dados de *benchmark*, fornecido pela professora juntamente com a enunciado do trabalho. O objetivo deste teste é permitir que a professora verifique a corretude da implementação básica de cada grupo. O conjunto de dados de *benchmark* está disponível no Moodle da disciplina. Espera-se que os grupos apresentem tanto a estrutura final da árvore induzida, como os valores de Ganho de Informação de cada divisão de nós realizada. Ao garantir a corretude da implementação do algoritmo de indução de árvores de decisão, os grupos poderão ter maior confiança no funcionamento do algoritmo de Florestas Aleatórias implementado. **OBS:** Os alunos devem atentar para as diferenças entre número de classes e tipos de atributos (categóricos/numéricos) entre o *dataset benchmark* e os *datasets* de avaliação indicados abaixo.
- Após verificada a corretude do algoritmo de indução de uma árvore de decisão, como descrito acima, cada grupo deverá treinar modelos de Florestas Aleatórias para os seguintes *datasets* básicos de classificação, nos quais o atributo alvo está na coluna *target*.

1. 1984 United States Congressional Voting  
(16 atributos categóricos, 435 instâncias, 2 classes)

Link para download e estatísticas do dataset

**Objetivo:** prever o partido, democratas(0) ou republicano (1), ao qual cada membro da Câmara dos Representantes do Congresso dos Estados Unidos é afiliado a partir dos seus votos registrados (dados de 1984).

## 2. Wine Data Set

(13 atributos numéricos, 178 exemplos, 3 classes)

Link para download e estatísticas do dataset

**Objetivo:** prever o tipo de um vinho baseado em sua composição química

**OBS.:** Caso o grupo deseje explorar diferentes *datasets* (incluindo *datasets* de interesse próprio), poderá fazê-lo. Experimentos adicionais serão analisados e poderão ser considerados para pontuação extra no trabalho.

- Todos os links disponibilizados acima possuem um link para download dos dados em formato .tsv (recomendável). Observe na página de descrição dos *datasets* os tipos e distribuições dos atributos preditivos (*Pandas Profiling Report*).
- Para cada *dataset* citado acima, utilize o método de **validação cruzada estratificada** para treinar e testar o algoritmo de Florestas Aleatórias. O objetivo é avaliar o desempenho deste algoritmo de classificação e comparar a *performance média* de modelos de Floresta Aleatória para diferentes valores do parâmetro *ntree*.
- Sugere-se utilizar  $k = 10$  folds na validação cruzada. Destes  $k$  folds,  $k - 1$  folds serão usados para construção do modelo de Florestas Aleatórias com *ntree* árvores, aplicando-se o algoritmo de indução de árvores de decisão combinado aos processos de amostragem de instâncias (bootstrap, i.e., amostragem com reposição) e de atributos (com base no parâmetro  $m$ ). O fold restante (de teste) será usado para avaliar o desempenho do *ensemble*. Isto é, em cada etapa da validação cruzada, será gerada não apenas uma árvore de decisão, mas múltiplos modelos de árvore de decisão (tantos quantos forem o valor de *ntree*), os quais irão compor o modelo de Florestas Aleatórias. Perceba que como o treinamento de cada árvore envolve aleatoriedade, haverá diversidade entre as árvores geradas a partir do mesmo conjunto de  $k - 1$  folds de treinamento. Este processo de treinamento e teste será repetido  $k$  vezes, de acordo com o funcionamento básico da estratégia de validação cruzada visto em aula. O uso de validação cruzada repetida é opcional.
- Como medida de desempenho para este trabalho, indicamos o uso da **Acurácia** (taxa de acerto), pela simplicidade no seu cálculo. Assim, não estaremos levando em conta a questão de desbalanceamento de dados e uso da acurácia neste trabalho, embora em problemas práticos, esta métrica não seja indicada em dados que apresentem esta característica.
- Mostre em seu relatório, através de gráficos, o desempenho do algoritmo conforme a variação no parâmetro *ntree*. Discuta acerca dos seus resultados no relatório final.
- **Dica:** Tendo em vista a aleatoriedade envolvida no treinamento do algoritmo de Florestas Aleatórias, recomenda-se utilizar o processo de inicialização manual de *seeds* de números aleatórios a fim de permitir a replicação dos resultados no processo de *debugging* do código.

## 3 Critérios de avaliação

- Pontualidade na entrega do trabalho. Atenção: atrasos na entrega do trabalho serão penalizados proporcionalmente ao tempo de atraso, **sendo descontado 1 (um) ponto por dia de atraso** (o trabalho como um todo vale 10 pontos).
- Apresentação dos resultados: qualidade da apresentação e domínio da implementação e resultados, bem como capacidade de arguição acerca dos mesmos
- Corretude do algoritmo básico de indução de árvore de decisão para os dados benchmark fornecidos, através da apresentação da árvore induzida e dos valores calculados para o Ganho de Informação no relatório final.

- Completude do trabalho e atendimento aos requisitos mínimos de implementação definidos neste enunciado (ver Seção 1).
- Avaliação correta do algoritmo implementado com os conjuntos de dados fornecidos, utilizando adequadamente as estratégias e métricas para análise de desempenho apresentadas em aula e sugeridas neste enunciado.
- Qualidade do relatório final

## 4 Política de Plágio

Grupos poderão **apenas** discutir questões de *alto nível* relativas a resolução do problema em questão. Poderão discutir, por exemplo, aspectos relacionados ao processo de validação cruzada ou de bootstrap, bem como dificuldades gerais encontradas ao se analisar cada *dataset*. **Não** é permitido que os grupos utilizem quaisquer códigos fonte provido por outros grupos, ou encontrados na internet. Os alunos **poderão** fazer consultas na internet ou em livros **apenas** para estudar o modo de funcionamento das técnicas e algoritmos utilizados e analisar os respectivos **pseudo-códigos**. **Não** é permitida a análise ou cópia de implementações concretas (em quaisquer linguagens de programação) da técnica escolhida. O objetivo deste trabalho é justamente implementar a técnica do zero e descobrir as dificuldades envolvidas na sua utilização para resolução de um problema de aprendizado. Toda e qualquer fonte consultada pelo grupo (tanto para estudar os métodos a serem utilizados, quanto para verificar a estruturação da técnica em termos de *pseudo-código*) **precisa obrigatoriamente** ser citada no relatório final. Nesta disciplina, utilizamos rotineiramente um sistema anti-plágio que compara o código-fonte desenvolvido pelos grupos, bem como com implementações conhecidas e disponíveis online, ou de semestres passados.

*Qualquer* nível de plágio (ou seja, utilização de implementações que não tenham sido 100% desenvolvidas pelo grupo) poderá resultar em **nota zero** no trabalho. Caso a cópia tenha sido feita de outro grupo da disciplina, *todos* os alunos envolvidos (não apenas os que copiaram) serão penalizados. Esta política de avaliação **não** é aberta a debate posterior. Se você tiver quaisquer dúvidas sobre se uma determinada prática pode ou não, ser considerada plágio, **não assum**a nada: pergunte à professora. Os grupos deverão desenvolver o trabalho **sozinhos**. A professora estará à disposição para sanar dúvidas ao longo do processo - recomendamos, no entanto, não deixar as dúvidas para o último momento!