

## **Processo de Mensuração de Software**

### **META**

Apresentar, contextualizar e fundamentar a importância da mensuração na Engenharia de Software.

### **OBJETIVOS**

#### **Geral**

Compreender como medir, o que medir e por que medir.

#### **Específicos**

- Demonstrar a relevância da medição em diversas áreas da vida e na engenharia;
- Introduzir os conceitos fundamentais de mensuração;
- Apresentar a Teoria Representacional da Medida;
- Diferenciar medidas diretas e derivadas;
- Classificar e explicar os tipos de escalas de medição.

### **RESUMO**

A medição é uma atividade essencial presente em diversas áreas do cotidiano humano, desde a saúde até a engenharia. No contexto da Engenharia de Software, medir é um passo fundamental para garantir controle, qualidade e melhoria contínua. Assim como em outras engenharias, decisões não podem ser tomadas apenas com base em intuições; é necessário fundamentá-las em dados concretos. As métricas de software cumprem esse papel ao quantificar atributos do processo, do produto e do projeto, transformando a programação em uma prática mais científica e sistemática.

Medir consiste em atribuir números ou símbolos a atributos observáveis de entidades. As entidades podem ser pessoas, sistemas ou processos, e seus atributos, como tamanho ou desempenho, são a base da análise. A mensuração permite a comparação, a classificação e a tomada de decisões.

Contudo, medir vai além da simples atribuição de valores: envolve desafios como a escolha de escalas adequadas, a definição de margens de erro e a interpretação dos resultados. A medição precisa ser teórica e metodologicamente sólida para produzir dados úteis.

A Teoria Representacional da Medida oferece a base formal para esse processo. Segundo ela, medir é mapear relações empíricas — percebidas no mundo real — para relações numéricas, preservando as propriedades observadas. Isso permite que conclusões matemáticas reflitam corretamente as relações do mundo empírico. Esse mapeamento deve respeitar as estruturas envolvidas, garantindo que, por exemplo, uma comparação de alturas entre indivíduos continue válida ao ser representada por números.

As medições podem ser diretas, quando um atributo é mensurado isoladamente, ou derivadas, quando resultam da combinação de outros atributos. Na Engenharia de Software, muitas medidas são derivadas, como a qualidade de um sistema, que depende de múltiplas características inter-relacionadas. Compreender profundamente os fundamentos da mensuração é indispensável para engenheiros de software que desejam construir sistemas confiáveis, eficientes e de alta qualidade. A aplicação rigorosa desses conceitos permite não apenas a avaliação de produtos e processos, mas também a construção de uma base sólida para decisões estratégicas ao longo do ciclo de vida do software.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o momento em que acordamos até a hora de dormir, nosso cotidiano é guiado por *medidas*. Usamos relógios para controlar o tempo, termômetros para saber se estamos com febre, balanças para acompanhar nossa saúde e até mesmo avaliações numéricas para *medir* desempenho acadêmico ou profissional. *Medir* é uma prática fundamental da vida humana, presente em áreas tão distintas quanto a medicina, a economia, a agricultura, o esporte e a engenharia.

### CURIOSIDADE

Você sabia? O primeiro termômetro com escala foi criado por Galileu Galilei, mas apenas em 1724 Daniel Fahrenheit criou a escala que usamos até hoje. [Conheça um pouco da história.](#)

Essa prática não é apenas um hábito: ela é essencial para tomar decisões conscientes e fundamentadas. Medidas oferecem um retrato da realidade, permitindo identificar problemas, avaliar alternativas, acompanhar progresso e justificar escolhas. Sem elas, decisões importantes seriam tomadas com base em impressões subjetivas e, muitas vezes, equivocadas.

## SAIBA-MAIS

[Veja uma discussão filosófica sobre medição ao longo da história.](#)

Nas engenharias, medir é um dos fundamentos do "fazer técnico". Seja na construção de uma ponte, no projeto de um circuito eletrônico, no desenvolvimento de um novo material ou na automação de processos industriais, a *medição* é indispensável para garantir precisão, segurança, eficiência e qualidade. Nenhum engenheiro toma decisões apenas com base na intuição — é por meio de dados concretos que se validam hipóteses, se comparam alternativas e se assegura que os resultados atendam aos requisitos estabelecidos. **Medir, nesse contexto, é transformar conhecimento em ação confiável e reproduzível.**

No desenvolvimento de software, esse princípio também se aplica. Embora muitas vezes o produto final seja intangível, a atividade de construir software exige controle, análise e melhoria contínua. É nesse contexto que entram as *métricas de software*: elas possibilitam quantificar atributos do processo, do projeto e do produto, oferecendo dados valiosos para planejar, monitorar e aperfeiçoar projetos. Medir o desenvolvimento de software é, portanto, um passo essencial para transformar a programação em engenharia de fato. Nesse cenário, a Ciência da Computação fornece os fundamentos teóricos e conceituais para a construção de software, enquanto a Engenharia de Software se dedica a aplicar esses fundamentos de forma controlada, sistemática e científica. Por isso, o engenheiro de software deve dominar os princípios e práticas da mensuração como parte essencial de sua formação e atuação profissional.

Nesta unidade, estudaremos o processo de mensuração de software, explorando os fundamentos da teoria da medida, a diferença

entre atributos diretos e derivados, e as diferentes escalas de medição. O objetivo é compreender como medir, o que medir e por que medir.

## 2. ENTENDENDO A MEDIÇÃO

*Medição, ou mensuração*, é o processo de atribuir números ou símbolos a características de entidades. A *medida*, por sua vez, é o resultado desse processo — uma representação quantitativa ou qualitativa de um atributo observado. Medir é, portanto, uma forma de capturar informações relevantes sobre o mundo ao nosso redor, transformando observações em dados analisáveis.

As medidas nos permitem observar e registrar atributos específicos de entidades. Mas o que são entidades e atributos? Uma *entidade* é qualquer coisa que possa ser percebida ou definida como distinta: uma pessoa, um software, um componente de sistema, um projeto ou até um processo. Já os *atributos* são as propriedades ou características dessas entidades — como tamanho, complexidade, desempenho, custo ou qualidade.

As entidades podem ser descritas a partir de seus atributos. São essas características que nos permitem diferenciá-las umas das outras, agrupá-las por similaridade ou compará-las de forma objetiva. Por exemplo, ao observar duas pessoas, podemos compará-las com base em sua altura. Esse atributo pode ser medido e nos permite dizer qual delas é mais alta, quantificar essa diferença e até tomar decisões com base nisso, como a escolha de um uniforme de tamanho adequado. Em suma, o que medimos são os atributos das coisas — e, ao conhecer e analisar esses atributos, conseguimos formar julgamentos sobre as entidades às quais eles pertencem.

No entanto, embora a ideia de medir pareça simples, ela traz consigo uma série de questões complexas. Por exemplo, considere as seguintes questões:

1. A cor é um atributo de uma sala. Assim, em uma sala cuja

paredes são azuis podemos considerar “azul” como sendo uma medida da cor da sala?

2. A altura de uma pessoa é um atributo que o senso comum considera que pode ser mensurado. Porém, podemos medir outros atributos de uma pessoa, como a inteligência? Testes de QI medem adequadamente a inteligência?

3. Podemos obter uma variedade de medidas para a altura de uma pessoa, dependendo se permitimos realizar a medida com sapatos ou sem, sentado ou em pé. Assim, como decidimos quais margens de erro são aceitáveis?

4. A altura de uma pessoa pode ser medida em metros, pés ou polegadas. Todas essas escalas medem o mesmo atributo, porém também podemos medir em quilômetros. Apesar de ser uma escala apropriada para mediar a distância entre cidades, não é para a altura de uma pessoa. Portanto, qual escala é aceitável para uma medição?

5. Quais manipulações podemos fazer com os resultados das medições? Por exemplo, é razoável afirmar que João é duas vezes mais alta que José ou que um software tem o dobro da qualidade de outro?

6. O quanto devemos conhecer sobre um atributo antes de medi-lo? Por exemplo, conhecemos o suficiente sobre “complexidade” de programa a ponto de medir?

7. Como saber se estamos medindo o atributo que desejamos? Por exemplo, a contagem do número de “bugs” encontrado num sistema durante o teste de integração mede a qualidade do sistema? Se não, o que essa medida nos conta?

## SAIBA-MAIS

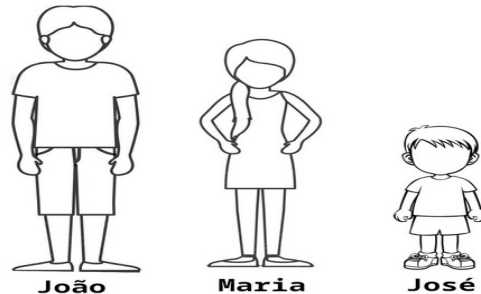


Inteligência realmente pode ser medida? [Neste artigo](#), o Prof. Jacques Grégoire discute sobre o assunto.

Para responder a essas e outras questões usaremos a Teoria Representacional da Medida, a qual nos fornece uma base teórica sólida e rigorosa.

### 2.1 Teoria Representacional da Medida

Nosso entendimento sobre o mundo costuma ser feito por comparações. Por exemplo, considere três pessoas, João, José e Maria, conforme ilustrado na Figura 1.



*Figura 1- Três pessoas de alturas diferentes*

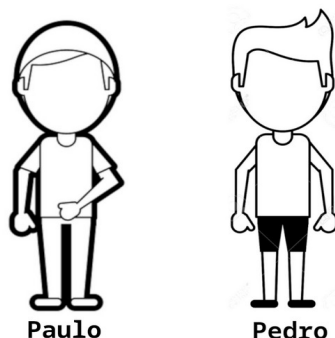
Ao observar as pessoas na imagem, podemos fazer as seguintes comparações:

1. Em relação à altura 2 a 2:
  - João é **maior que** Maria;
  - Maria é **maior que** José;
  - João é **maior que** José.
2. Em relação à altura individualmente:
  - João é **alto**;
  - Maria é **alta**;
  - José não é **alto**.
3. Em relação diferença de altura:
  - João é **muito maior** que José;
  - Maria é **muito maior** que José;
  - João não é **muito maior** que Maria.
4. Em relação à altura combinada:
  - José é **maior que** João se estiver **sentado nos ombros** de Maria.

Ao realizar tais associações, estamos criando *relações empíricas*. Nesse exemplo, temos que as relações binárias “**maior que**” e “**muito maior**”, a relação unária “**alto**” e a relação ternária “**maior que sentado**

**nos ombros”** são relações empíricas para o atributo altura. Note que independente de qualquer medição fomos capazes de estabelecer tais relações e qualquer pessoa concorda com os elementos das relações.

No entanto, há situações que pode haver divergência de opinião. Por exemplo, para as pessoas da Figura 2, não está claro qual das duas pessoas é o maior. Para mim, pode ser Pedro, mas para você o Paulo. Nesses casos que não há consenso, o par não está na relação empírica.



*Figura 2- Duas pessoas de tamanhos parecidos*

Assim, definimos uma **relação empírica** como uma relação na qual há consenso em quais pares estão na relação.

A relação empírica captura o nosso entendimento sobre o mundo, mesmo que de maneira rudimentar, sem necessidade de ferramentas de medida. À medida que desenvolvemos nosso entendimento das relações e acumulamos dados, pode ser necessário realizar medições de forma mais sofisticada e com ferramentas específicas. A análise dos resultados frequentemente leva à clarificação e reavaliação do atributo em questão, bem como ao refinamento das relações empíricas observadas. Como resultado, alcançamos maior precisão e aprofundamos nossa compreensão. A temperatura é um bom exemplo sobre isso. Inicialmente éramos capazes de estabelecer a relação empírica “**mais quente**” apenas colocando a mão em recipientes com líquido. Nenhuma ferramenta era necessária para determinar a diferença de temperatura. Entretanto, precisávamos fazer discriminações mais precisas na temperatura, o que foi possível somente em 1600 quando o primeiro equipamento foi construído para a diferenciação de temperatura.

Formalmente, *medição* é um mapeamento do mundo empírico para o formal. Desse modo, uma *medida* é o número ou símbolo atribuído a uma entidade com o objetivo de caracterizar o atributo. Portanto, medir é essencialmente estabelecer um **homomorfismo** entre o mundo real, empírico (domínio), e um sistema matemático (imagem).

Em outros termos, a medição estabelece o domínio do que está se medido (altura, por exemplo), a imagem na qual se mapeia os elementos medido (número inteiro representado a altura) e a regra de mapeamento entre o atributo medido e a imagem (por exemplo, medição em centímetro do topa da cabeça ao chão de uma pessoa em pé e descalços). Adicionalmente, a medição ser um homomorfismo está implícito que as relações empíricas são preservadas pelo mapeamento.

Por exemplo, ao mapear a altura para números inteiros, as relações empíricas observadas, como “**maior**” é preservada ao comparar os números, de modo que a pessoa de maior altura recebe um número para representar a sua altura maior que o número da altura de pessoas menores. Desse modo, no nosso exemplo, o atributo altura de João, José e Maria devem ser mapeados para números e as relações empíricas para relação numéricas. Assim, para o seguinte mapeamento:

eso	P	M	Relação Empírica	Relação Numérica
		edida		
oão	J	1	x maior que y	$x > y$
		85		
osé	J	1	x é alto	$x > 175$
		53		
aria	M	1	x é muito maior que y	$x > y + 15$
		80	y é maior que z se sentado no ombro de x	$0,9x + 0,6y > z$

todas as relações são preservadas e, portanto, esse mapeamento é uma medição para o atributo altura.

VERBETE

Um **homomorfismo** é uma função que preserva a estrutura entre duas estruturas algébricas de mesma natureza. É uma correspondência que mantém as operações definidas nessas estruturas.



## 2.2 Medidas Diretas e Derivadas

Uma medição direta de um atributo não envolve nenhum outro atributo ou entidade. Por sua vez, uma medição derivada ocorre quando vários atributos ou medidas são combinados para se obter a medição. A altura de uma pessoa é um atributo que pode ser medido sem referência para outro atributo. Por outro lado, a densidade de um objeto precisa dos atributos volume e massa para ser medido, sendo uma medida derivada.

**SAIBA-MAIS**

Conheça mais sobre os 8 atributos de qualidade de software na Normal ISO/IEC 25010:2011.

Muitos atributos em Engenharia de Software não podem ser medidos diretamente e é necessário obter uma medição derivada em termos de outros atributos. Esse é o caso do atributo “qualidade” de software, o qual é medido como uma combinação de outros 8 atributos.

## 2.3 Tipos de Escalas

Conforme visto, medições diretas de um atributo constroem um mapeamento  $M$  de uma relação empírica para alguma relação numérica. O propósito desse mapeamento é permitir a manipulação de dados dentro do sistema numérico e usar os resultados para tirar conclusões sobre o atributo no sistema empírico. Entretanto, nem todas os mapeamentos (medições) são iguais e o tipo de medição (mapeamento) feito pode restringir os tipos de análises que podem ser realizadas. Para entender essas diferenças, usamos a noção de *escala*.

Uma escala de medição é definida como um mapeamento de medição ( $M$ ), juntamente com os sistemas das relações empírica e numérica. As escalas são divididas em 5 tipos: nominal; ordinal; intervalo; razão; e absoluta.

A *escala nominal* é a forma mais primitiva de medida, na qual o atributo é mapeado para uma categoria ou classe previamente definida. Nessa escala a relação empírica consiste apenas de diferentes classes e não há noção de ordem entre as classes. Pode-se usar números ou símbolos como medidas, porém não há noção de magnitude para eles. Por exemplo, suponha a investigação das falhas conhecidas de um software e

deseja-se capturar o momento em que foi inserido: especificação, projeto ou codificação. Qualquer mapeamento  $M$  que atribua a cada uma das 3 diferentes classes um número é uma medição aceitável. A moda é uma medida de tendência central significativa para escalas nominais, porém a mediana não é.

A *escala ordinal* apresenta uma relação empírica contendo classes e uma ordenação entre elas. Portanto, essa escala aumenta a escala nominal com informações de ordem. Os números representam apenas a classificação e, por conseguinte, operações aritméticas não têm significado. Como exemplo, suponha que se deseja classificar o atributo complexidade de módulos de software. Define-se 5 classes de complexidade: trivial, simples, moderado, complexo e incompreensível. Note que há uma ordem implícita de “menos complexo que” entre os elementos da classe. Assim, a medição deve preservar a relação de ordenação e qualquer mapeamento das classes para valores numéricos que preserve essa ordenação será uma medição válida numa escala ordinal. A mediana e o percentil são medidas significativas de tendência central, no entanto a média não apresenta informação relevante.

A *escala intervalo* captura informação acerca do tamanho dos intervalos que separam as classes, além de preservar a ordem como na escala ordinal. No entanto, a escala não preserva a razão entre as classes, ou seja, computar a razão entre as classes não faz sentido. Por exemplo, a diferença de temperatura entre 20° e 21° Celsius é a mesma que entre 30° e 31° Celsius, mas não faz sentido computar a razão entre temperaturas e afirmar, por consequência, que um dia de 32° Celsius é duas vezes mais quente que num dia de 16° Celsius. Nessa escala, a média e o desvio padrão são medidas significativas.

A *escala de razão* preserva a ordem, as diferenças dos intervalos e as razões entre entidades. Possui um elemento zero único representando a ausência do atributo medido. A altura é um exemplo de um atributo medido a escala de razão. Em software, medida de tamanho de

um programa em linhas de código também estão na escala de razão. Além das estatísticas aplicáveis a escala intervalo, a média geométrica e o coeficiente de variação são significativos.

#### EXPLICA ATIVO

FENTON (2014) apresenta a extensão das escalas para atributos derivados, além de uma discussão sobre medições objetivas e subjetivas.

Na *escala absoluta* há apenas uma maneira pela qual a medição pode ser feita: pela contagem do número de elementos no conjunto da entidade. Assim, a medição que pode ser feita é única. O número de defeitos encontrados no teste de unidade é um exemplo de medida de escala absoluta. Nessa escala, todas as estatísticas e operações aritméticas são significativas. A unicidade da medição é uma diferença importante entre as escalas de razão e absoluta.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medição é um elemento essencial para transformar observações empíricas em informações úteis e confiáveis, desempenhando papel central tanto nas ciências exatas quanto na Engenharia de Software. Ao longo deste estudo, foi possível compreender que medir não se resume à obtenção de números, mas envolve um processo estruturado de atribuição de valores a atributos de entidades, respeitando princípios teóricos como os propostos pela Teoria Representacional da Medida.

Além disso, foram discutidas as diferenças entre medidas diretas e derivadas, bem como a importância da escolha adequada da escala de medição, que influencia diretamente a validade das análises e conclusões. No campo da Engenharia de Software, em que muitos atributos são abstratos ou compostos, o domínio desses conceitos é indispensável para garantir a qualidade, a eficiência e a confiabilidade dos produtos desenvolvidos.

Portanto, dominar os fundamentos da mensuração permite ao engenheiro de software atuar de forma mais precisa, científica e orientada à melhoria contínua, consolidando a prática da engenharia no desenvolvimento de soluções computacionais.

### REFERÊNCIAS

FENTON, Norman E.; BIEMAN, James. **Software Metrics: a Rigorous and Practical Approach**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.