

Métricas de Processo Observáveis em Repositórios Públicos: Um Catálogo Fundamentado na Literatura Scrum

Flavio Henrique Mendonça¹[0009-0006-7158-4834],
Tassio Sirqueira¹[0000-0001-8502-0702], and
Vera Maria B. Werneck¹[0000-0002-6537-2441]

Instituto de Matemática e Estatística – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
(UERJ) – Rio de Janeiro – RJ – Brasil
flavio.hm95@gmail.com, {tassio.sirqueira, vera}@ime.uerj.br

Resumo A especificação e o monitoramento de requisitos de qualidade de processo em equipes ágeis constituem um desafio recorrente na Engenharia de Requisitos. Métricas de gestão podem atuar como instrumentos para avaliar atributos de qualidade associados ao desempenho de times de software, conectando requisitos a indicadores observáveis. A literatura, contudo, permanece fragmentada quanto à seleção e operacionalização dessas métricas em ambientes Scrum. Este artigo propõe um catálogo preliminar de métricas de gestão, derivado de um Mapeamento Sistemático da Literatura conduzido segundo o PRISMA e organizado conforme os atributos de qualidade da ISO/IEC 25010. Como estudo de aplicabilidade, o catálogo é instanciado com dados públicos de repositórios open source, com a análise de indicadores de fluxo, estabilidade e engajamento ao longo do ciclo de vida. Os resultados preliminares sugerem que o catálogo pode apoiar a identificação de padrões comportamentais em projetos em diferentes estágios de maturidade. O trabalho contribui com um artefato estruturado que organiza métricas dispersas e oferece uma referência para a avaliação de requisitos de qualidade de processo em contextos ágeis.

Keywords: Métricas ágeis · Catálogo de métricas · Requisitos de qualidade de processo · ISO/IEC 25010 · Scrum · Projetos open source

1 Introdução

O Scrum consolidou-se como um dos frameworks ágeis mais adotados para gestão de equipes de desenvolvimento de software [7]. Métricas de gestão ocupam papel ambíguo nesse contexto: apoiam decisões e promovem melhoria contínua, mas seu uso inadequado pode comprometer princípios da agilidade como autonomia e confiança [14], fenômeno descrito pela Lei de Goodhart [6] e pela Lei de Campbell [2].

Do ponto de vista da Engenharia de Requisitos, métricas de gestão podem ser compreendidas como instrumentos de operacionalização de requisitos de qua-

lidade de processo. A ISO/IEC 25010 [8] oferece estrutura conceitual para organizar atributos como eficiência, estabilidade e capacidade de resposta. Apesar do volume crescente de estudos, a literatura permanece fragmentada: as métricas mais adotadas na prática são determinadas pela disponibilidade das ferramentas de gestão, não por critérios conceituais, e não há catálogos estruturados que orientem sua seleção em contextos com observabilidade limitada do processo [11]. Esse vazio dificulta a especificação e a avaliação de requisitos de qualidade de processo em equipes ágeis, especialmente quando o acesso a artefatos internos não está disponível. O catálogo proposto endereça esse problema ao reunir, classificar e operacionalizar métricas computáveis exclusivamente a partir de dados públicos de repositórios.

Este artigo investiga quais métricas de gestão identificadas na literatura Scrum são computáveis a partir de dados públicos de repositórios, como organizá-las em catálogo alinhado a atributos de qualidade de processo, e se o catálogo permite identificar padrões comportamentais em projetos com observabilidade limitada. O catálogo proposto é derivado da literatura sobre times Scrum, mas opera em nível de processo observável em repositórios públicos independentemente do framework adotado pela equipe. Embora não haja documentação oficial afirmando uso estrito de Scrum, o projeto Angular adota práticas compatíveis com metodologias ágeis, incluindo planejamento incremental, roadmap público e entregas frequentes. Essa independência não é limitação: é o que torna o catálogo aplicável a auditorias de portfólio, seleção de dependências open source e avaliação de fornecedores, cenários onde o acesso a artefatos internos do processo não está disponível. O estudo de aplicabilidade utiliza *angular/angular.js* (descontinuado) e *angular/angular* (ativo) como casos contrastantes de ciclo de vida. O restante: Seção (2) discute trabalhos relacionados; Seção (3) descreve o método; Seção (4) apresenta o catálogo e o estudo de aplicabilidade; Seção (5) conclui.

2 Trabalhos Relacionados

A construção de catálogos como artefatos de referência em Engenharia de Requisitos possui antecedentes consolidados. Barbosa et al. [1] propuseram o catálogo ReQSI-CI (46 RNF para cidades inteligentes) via MSL e grupo focal, cuja estrutura de campos serve como modelo organizacional para o presente trabalho. Damasceno et al. [3] e Dantas e Marques [4] seguiram abordagem análoga em domínios de modelos multiagentes e UX, respectivamente.

No campo de métricas em contextos Scrum e repositórios OSS, Leal et al. [10] mapearam sistematicamente como organizações ágeis selecionam e aplicam métricas, identificando alta heterogeneidade e ausência de critérios padronizados de escolha. Torchiano et al. [13] demonstraram a aplicabilidade do coeficiente de Gini para medir equilíbrio de esforço em projetos de software, fundamentando diretamente as métricas M08 e M09 deste catálogo. Nenhum desses trabalhos, contudo, propõe um catálogo estruturado com critério explícito de computabilidade a partir de dados públicos. A Tabela 1 sintetiza o posicionamento comparativo.

Tabela 1. Comparação entre catálogos relacionados e o proposto.

Ref.	Domínio	Fonte	Artefato	Validação
Barbosa et al. [1]	SI – cidades	MSL+survey	Catálogo RNF	Grupo Focal
Damasceno et al. [3]	Modelos SMA	MSL+GQM	Questionário	Especialistas
Dantas e Marques [4]	UX (web)	Normas ISO	Catálogo Métricas	Caso de Uso
Leal et al. [10]	Métricas ágeis	MSL	Revisão	Não realizada
Torchiano et al. [13]	OSS – Scrum	Estudo empírico	Métricas OSS	Estudo de caso
Este trabalho	OSS público	MSL	Catálogo Métricas	Estudo Observ.

3 Método de Pesquisa

Esta pesquisa está estruturada em três fases (Figura 1): (1) MSL conduzido segundo PRISMA 2020 [12] e Kitchenham e Charters [9], com busca em ACM, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science e Wiley, com período analisado de 2019–2025, que identificou 514 registros e selecionou 106 após deduplicação e triagem; (2) criação do catálogo seguindo modelo de referência [1], com critério de computabilidade a partir de dados públicos — as categorias de planejamento e estimativa e de valor e alinhamento estratégico foram excluídas por dependerem de artefatos internos do Scrum; e (3) estudo observacional sobre *angular/angular.js* (descontinuado em jan/2022; 9.071 commits, 2010–2022) e *angular/angular* (ativo desde 2014; 37.106 commits até abr/2026). A escolha do mesmo ecossistema mantém constantes cultura e domínio técnico, isolando o estágio do ciclo de vida, com a contrapartida de que os resultados limitam-se a um único ecossistema, restringindo generalização. O estudo avalia se métricas derivadas da literatura Scrum são capazes de revelar padrões comportamentais observáveis em repositórios públicos sem acesso ao processo interno — condição representativa de uma ampla classe de cenários práticos e objetivo central do catálogo proposto.

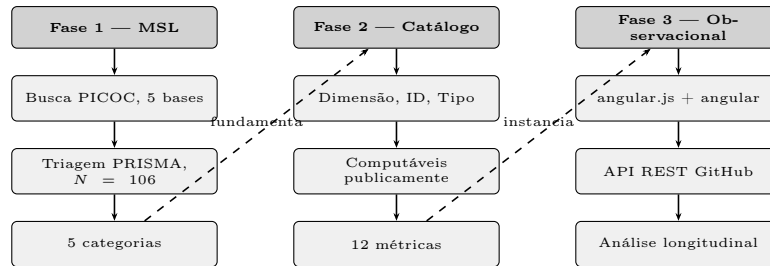


Figura 1. Desenho geral da pesquisa.

4 Catálogo Preliminar de Métricas e Avaliação em Curso

O catálogo preliminar reúne 12 métricas em três dimensões — *fluxo e progresso*, *qualidade e estabilidade* e *fatores humanos* — cada uma ancorada em atributos de qualidade da ISO/IEC 25010 [8]: eficiência de desempenho, confiabili-

dade/manutenibilidade e qualidade em uso, respectivamente. As métricas são classificadas como diretas ou derivadas conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Catálogo preliminar de métricas de gestão observáveis em repositórios públicos.

Dim.	Domínio	ID	Tipo	Descrição
Fluxo e Progresso — ISO/IEC 25010: <i>Eficiência de desempenho</i>				
F&P	Atividade	M01	Direta	Commits/mês (média e DP). <i>Produtividade</i> .
F&P	Integração	M02	Derivada	Dias entre criação e merge de PR. <i>Eficiência</i> .
F&P	Integração	M03	Derivada	PRs fechados sem merge / total. <i>Seletividade</i> .
F&P	Atividade	M04	Derivada	Intervalo médio (dias) entre commits. <i>Continuidade</i> .
F&P	Participação	M07	Direta	Contribuidores distintos/mês. <i>Amplitude</i> .
Qualidade e Estabilidade — ISO/IEC 25010: <i>Confiabilidade; Manutenibilidade</i>				
Q&E	Demandas	M05	Derivada	Issues fechadas / total. <i>Responsividade</i> .
Q&E	Demandas	M06	Derivada	Dias entre abertura e fechamento. <i>Agilidade</i> .
Fatores Humanos — ISO/IEC 25010: <i>Qualidade em uso</i>				
F.H.	Esforço	M08	Derivada	Gini sobre commits/autor, anual. <i>Concentração</i> .
F.H.	Esforço	M09	Derivada	Autores com 80% dos commits / total. <i>Liderança</i> .
F.H.	Retenção	M10	Derivada	Autores em 2 anos consec. / total anterior. <i>Fidelidade</i> .
F.H.	Retenção	M11	Derivada	Média de anos com ≥ 1 commit. <i>Engajamento</i> .
F.H.	Atração	M12	Derivada	Autores inéditos / total do ano. <i>Renovação</i> .

A Tabela 3 apresenta a aplicabilidade preliminar das métricas em valores agregados, aplicados nos repositórios do AngularJS e do Angular.

Tabela 3. Resultados agregados por repositório.

ID	Métrica	AngularJS	Angular
M01	Commits/mês — média (DP)	68,2 (63,0)	265,0 (86,3)
M02	Ciclo de PR — média (dias)	15,4	4,0
M03	PRs rejeitados (%)	90,0	82,8
M04	Tempo médio entre commits (dias)	2,85	0,13
M05	Issues fechadas (%)	94,2	88,2
M06	Tempo médio de resolução (dias)	86,6	25,1
M07	Contribuidores ativos/mês	22,1	48,0
M08	Gini médio	0,625	0,829
M09	Core team (% de autores)	28,1	8,4
M10	Taxa de retenção (%)	17,2	21,4
M11	Longevidade média (anos)	1,13	1,35
M12	Novos contribuidores (%)	79,0	73,0

Fluxo de Contribuição (M01–M04). A cadência de commits (M01) é expressa como $\bar{x} = \sum c_i/n$, onde n é o total de meses com ao menos um commit. O AngularJS registrou $\bar{x} = 68,2$ ($CV \approx 92\%$), com pico em 2014 e declínio até 4 commits em 2022. O Angular registrou $\bar{x} = 265,0$ ($CV \approx 33\%$) sem tendência de queda (Figura 2). O tempo médio entre commits (M04), $\Delta t = \sum (t_{i+1} - t_i)/(n-1)$, foi de 2,85 dias para o AngularJS (degradando de 0,16 em 2014 para 10,92 em 2021) e 0,13 dias para o Angular. O ciclo de PR (M02) foi de 15,4 dias (790 PRs merged) e 4,0 dias (6.121 PRs), respectivamente. A taxa de rejeição (M03) — 90,0% e 82,8% — pode refletir seletividade

do processo, mas também PRs fechados pelo próprio autor ou encerrados por ferramentas de CI/CD.

Engajamento e Dinâmica de Equipes (M07–M12). O engajamento mensal (M07) foi de 22,1 contribuidores/mês para o AngularJS e 48,0 para o Angular. O total anual de contribuidores únicos atingiu 653 no AngularJS em 2014, declinando a 1 em 2022, enquanto o Angular estabilizou entre 263 e 403 desde 2016. O cruzamento das curvas em 2016 coincide com o anúncio do Angular como substituto, sugerindo migração de colaboradores — hipótese que requer análise de identidade entre repositórios não realizada.

A concentração de contribuições (M08) é quantificada pelo Gini anual [5]: $G = \frac{2 \sum_{i=1}^n i \cdot x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i} - \frac{n+1}{n}$, com x_i em ordem crescente. O Angular mantém G entre 0,779 e 0,872; o AngularJS apresenta queda progressiva até 0,385 em 2021 e 0,000 em 2022, refletindo não maior equidade mas dissolução da comunidade (Figura 3).

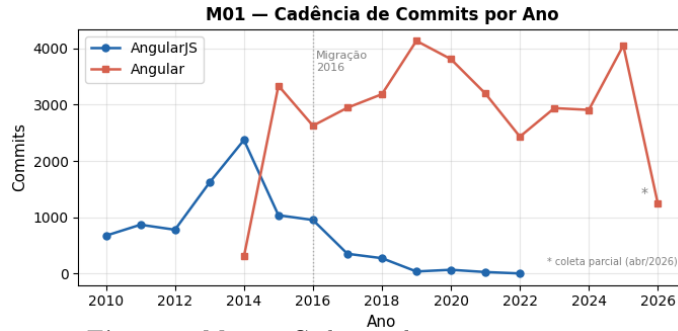


Figura 2. M01 — Cadência de commits por ano.

O core team (M09), definido como $Core\% = i^*/n \times 100$ onde $i^* = \min\{i : \sum_{k=1}^i x_{(k)} \geq 0,8 \cdot \sum x\}$, foi de 8,4% no Angular e 28,1% no AngularJS. A retenção (M10), $R(t) = |A(t) \cap A(t-1)| / |A(t-1)| \times 100$, foi de 21,4% e 17,2%, caindo a 0% em 2022. A longevidade (M11) foi de 1,35 e 1,13 anos — em ambos, a maioria contribui em apenas um ano. A proporção de novos contribuidores (M12) declinou de 84% para 50% no AngularJS (2011–2021) e de 93% para 67% no Angular (2015–2025), sugerindo maturação da comunidade no Angular e dissolução no AngularJS.

Qualidade e Estabilidade (M05, M06). As issues cobrem períodos distintos: AngularJS com 5.323 (2014–2022) e Angular com 2.492 (2024–2026) — a API retornou apenas registros recentes para o Angular, sugerindo migração não verificada para sistema interno. Essa assimetria impede comparação direta. Individualmente: AngularJS fechou 94,2% com tempo médio de 86,6 dias; Angular fechou 88,2% com 25,1 dias.

Padrões Identificados. As 12 métricas sugerem dois padrões preliminares. No AngularJS: ciclo completo com crescimento até 2014, estabilização até 2018

e declínio até 2022, capturável por M01, M04, M07, M08, M09 e M10 de forma convergente. No Angular: estabilidade contínua com Gini 0,779–0,872, core team de 8,4% e retenção de 21,4%. A interpretação combinada distingue estabilidade de estagnação — distinção que não seria evidente com métrica isolada.

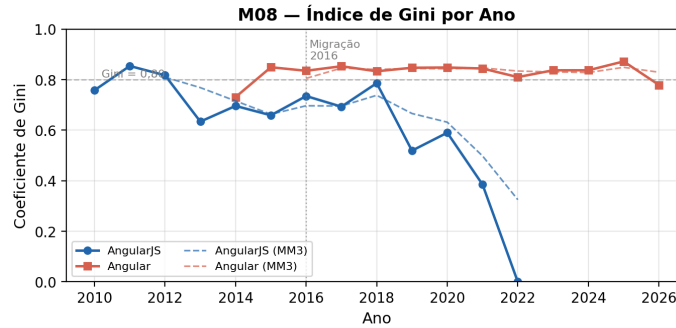


Figura 3. M08 — Índice de Gini por ano (tracejado: MM3).

Ameaças à Validade Seguindo Wohlin et al. [15]: **construção** — ausência de evidência sobre a adoção de Scrum nos projetos analisados; ausência de deduplicação de autores; não-exclusão de commits automatizados (bots CI/CD). **Interna** — viés de paginação na API para issues e PRs; commits coletados por consultas anuais delimitadas. **Externa** — ambos do ecossistema Angular/Google. **Conclusão** — assimetria de cobertura de issues; dados de 2026 representam ano incompleto.

5 Considerações Finais e Próximos Passos

Esta pesquisa propõe um catálogo preliminar de 12 métricas computáveis a partir de dados públicos, baseado na literatura sobre Scrum, mas independente da observação direta do processo, sem pressupor adoção desse framework nos projetos analisados. Os resultados preliminares sugerem potencial para discriminar estágios de ciclo de vida — o Gini (M08) sinalizou erosão da comunidade do AngularJS antes que o volume de commits refletisse o problema. Como próximos passos: validar com especialistas Scrum, replicar em domínios distintos e investigar aplicabilidade em contextos com processo documentado.

Declaração de Uso de IA

A ferramenta LanguageTool foi utilizada exclusivamente para revisão ortográfica e gramatical, sem impacto no conteúdo científico do trabalho.

Referências

1. Barbosa, A.P., Malcher, P., Santos, R.P.d.: Um catálogo de requisitos não funcionais para sistemas de informação em cidades inteligentes sob a perspectiva de

- ecossistemas digitais. In: Anais do Concurso de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação – SBSI. pp. 01–03. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre (2023). https://doi.org/10.5753/sbsi_estendido.2023.229188
2. Campbell, D.T.: Assessing the impact of planned social change. *Evaluation and Program Planning* **2**(1), 67–90 (1979). [https://doi.org/10.1016/0149-7189\(79\)90048-X](https://doi.org/10.1016/0149-7189(79)90048-X)
 3. Damasceno, L., Werneck, V.M.B., Schots, M.: Metric-based evaluation of multiagent systems models. In: Proceedings of the 10th International Workshop on Modelling in Software Engineering. pp. 67–74. MiSE '18, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3193954.3193960>
 4. Dantas, L.H.S., Marques, J.C.: Catálogo de métricas orientadas a experiência do usuário em aplicações web. In: Anais do Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software – SBQS. pp. 7–12. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre (2024). https://doi.org/10.5753/sbqs_estendido.2024.244811
 5. Farris, F.: The gini index and measures of inequality. *American Mathematical Monthly* **117**(10), 851–864 (2010). <https://doi.org/10.4169/000298910X523344>
 6. Goodhart, C.A.E.: Problems of monetary management: The uk experience. In: *Monetary Theory and Practice*. Palgrave Macmillan, London (1984). https://doi.org/10.1007/978-1-349-17295-5_4
 7. Gupta, N., Sharma, H., Kumar, S., Kumar, A., Kumar, R.: A comparative study of implementing agile methodology and scrum framework for software development. In: 2022 10th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO). IEEE (2022)
 8. ISO/IEC: ISO/IEC 25010:2011 — Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models. Tech. rep., International Organization for Standardization (2011)
 9. Kitchenham, B., Charters, S.: Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Tech. Rep. EBSE-2007-01, EBSE Technical Report, Keele University and Durham University (2007)
 10. Leal, S., Hauck, J., Bertan, M., Vieira, G.: How agile organizations use metrics: A systematic literature mapping. In: 2022 IEEE/ACM 15th International Conference on Cooperative and Adaptive Software Engineering (CASE). IEEE (2022)
 11. Oliveira, A.M., Carvalho, E., Colanzi, A., Balancieri, T.: Key performance indicators in brazilian software development companies: a survey. In: Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES). SBC (2024)
 12. Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P., Moher, D.: The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* **372**, n71 (2021). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 13. Torchiano, M., Vetrò, A., Coppola, R.: Teaching scrum with a focus on efficiency and inclusiveness. In: *Journal of Systems and Software*. Elsevier (2024)
 14. Verwijs, C., Russo, D.: A theory of scrum team effectiveness. *IEEE Transactions on Software Engineering* **48**(12), 4824–4837 (2021). <https://doi.org/10.1109/TSE.2021.3121113>
 15. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M.C., Regnell, B., Wesslén, A.: *Experimentation in Software Engineering*. Springer (2012)