



## A MAESTRIA DA PRECISÃO

### UMA HISTÓRIA CONTÍNUA DE INOVAÇÃO E EXCELÊNCIA – PASSADO, PRESENTE E FUTURO

#### **Principais fatos:**

- Da matéria-prima ao relógio finalizado: precisão em todas as etapas
- Impactos, magnetismo e gravidade: superando os desafios da cronometria
- Uma solução revolucionária para a incompatibilidade entre a medição do tempo e as complicações

Na Jaeger-LeCoultre, acreditamos profundamente que é necessário tempo, paciência e esforço para alcançar a maestria em qualquer campo de empreendimento humano. Para nossa Maison, a precisão é um valor fundamental e a nossa busca pela excelência nessa área começou há dois séculos - e continuará por muitos anos no futuro.

Foi a obsessão de nosso fundador, Antoine LeCoultre, pela precisão que o atraiu para a relojoaria. Mesmo antes de abrir seu primeiro ateliê de relojoaria - enquanto trabalhava na forja de ferraria de seu pai - ele já havia inventado máquinas que permitiam cortar pinhões de aço com um grau de precisão sem precedentes. Seguindo o exemplo do fundador, gerações subsequentes de relojoeiros, engenheiros, designers e artesãos trabalharam incansavelmente para dominar a precisão em todas as áreas e em todas as etapas do processo de fabricação de relógios - desde a concepção e design até a transformação de matérias-primas em componentes utilizáveis, incluindo os mais delicados gestos manuais envolvidos na montagem, acabamento e decoração. Em 2024, a Jaeger-LeCoultre conta sua história de precisão em quatro capítulos.

#### **A precisão na produção**

Na relojoaria, a precisão no processo de produção é a chave para tudo, e isso foi bem compreendido por Antoine LeCoultre - cujas primeiras invenções revolucionaram o negócio da relojoaria.

Em 1830, três anos antes de estabelecer seu ateliê de relojoaria, ele desenvolveu e patenteou uma ferramenta mecânica que cortava dentes de pinhão de aço. Em vez de serem moldados à mão, um por um, múltiplos pinhões podiam agora ser produzidos com precisão exata, seguindo as especificações predefinidas, e com uma precisão maior do que nunca.



Quatorze anos depois, em 1844, Antoine LeCoultre inventou o Millionometre. O primeiro dispositivo capaz de medir um micron, possibilitando não só medir componentes com um nível de precisão sem precedentes, mas também miniaturizá-los ainda mais. O Millionometre pode ser considerado a resposta inventiva de Antoine LeCoultre à miniaturização possibilitada pelas máquinas que ele próprio inventou, e, por sua vez, a precisão de suas medições permitiu uma miniaturização ainda maior. Muitos poucos exemplares do Millionometre foram produzidos, e a tecnologia foi guardada com zelo pela Manufatura, onde serviu como padrão de precisão por mais de 50 anos.

Na busca contínua por precisão, Antoine LeCoultre introduziu novas ferramentas no processo de produção, como a ferramenta de arredondamento em 1850 e a ferramenta de fresagem em 1860, aprimorando ainda mais a capacidade de produzir componentes de relógios precisos.

Entre os excepcionais relógios possíveis graças à capacidade de medir com precisão de micrômetros estava o movimento mais plano do mundo. Com apenas 1,38 mm de espessura, o Calibre 145 foi apresentado em 1907 no relógio de bolso apelidado de Couteau (faca) devido à sua fina espessura.

Para assegurar a preservação do legado das contribuições de Antoine LeCoultre para a precisão da relojoaria, as matrizes são cuidadosamente mantidas dentro das paredes da Manufatura desde 1926. Atualmente, a Jaeger-LeCoultre possui mais de 1.900 matrizes para produzir ou prestar serviços aos calibres da Maison.

Ao longo de sua vida, Antoine LeCoultre continuou a desenvolver novas máquinas de estampagem e corte precisamente calibradas, além de tornos mecânicos para a fabricação de peças. Ao possibilitar a produção de componentes idênticos em série, sua busca pela precisão estabeleceu o cenário no qual a indústria relojoeira moderna se desenvolveu - uma realização que foi reconhecida com uma medalha de ouro na Grande Exposição de 1851 em Londres.

À medida que a tecnologia avançava ao longo do século XX e continua avançando no nosso século atual, a Jaeger-LeCoultre adotou auxílios modernos à precisão em todo o processo de manufatura de relógios. A Manufatura foi pioneira na adoção do CNC (corte numérico computadorizado), adquirindo sua primeira máquina CNC em 1982, bem como do programa CAD como auxílio ao design. Mais recentemente, tecnologias como a erosão por faísca, corte a laser e prototipagem 3D transformaram as etapas centrais do processo de produção em uma ciência exata. No entanto, é importante destacar que essas tecnologias complementam, e não substituem, os precisos gestos humanos envolvidos no design inicial, várias etapas de prototipagem e na montagem, acabamento e decoração de calibres de relógios. A habilidade da mão humana é o que distingue a relojoaria de alta qualidade das demais, conferindo a um relógio de Alta Relojoaria sua infalível "alma".

## **A precisão da cronometria**



Cronometria significa, simplesmente, a precisão na medição do tempo, e um cronômetro é um calibre mecânico que exibe um alto grau de precisão, certificado por meio de um rigoroso processo de teste. A certificação de cronômetro tem sua origem no avanço da tecnologia óptica no meio do século XIX, que levou ao estabelecimento de observatórios que possibilitaram a medida precisa dos movimentos planetários que definem o tempo conforme o conhecemos.

Homenageando a obsessão do fundador pela precisão, a Manufatura Jaeger-LeCoultre desenvolveu muitos calibres de cronômetros durante seus 190 anos de história. Para alcançar o grau necessário de precisão, cada cronômetro é o resultado de uma extensa pesquisa sobre como compensar os desafios aos quais um relógio é submetido. Produzir um mecanismo de cronômetro requer amplo conhecimento técnico: os pinhões devem ser precisamente moldados e as engrenagens perfeitamente ajustadas; as superfícies de trabalho devem ser polidas com precisão para reduzir o atrito; e os metais devem resistir às variações de temperatura.

Na busca pela precisão e durabilidade, a relojoaria mecânica enfrenta diversos desafios, desde impactos e vibrações até influências como magnetismo, energia e gravidade.

#### **Desafio 1: Impactos e vibrações**

Movimentos que operam em uma frequência mais alta são menos afetados por impactos. Para lidar com a necessidade de movimentos mais resistentes, a Maison introduziu em 1970 o Calibre 916, que opera a uma alta frequência de 28.800 vibrações por hora (4Hz). Com isso, a Manufatura estabeleceu um novo padrão na época, superando as tradicionais 3Hz ou 2,5Hz que eram comuns naquele período. Na busca contínua pela precisão, a Jaeger-LeCoultre desenvolveu o Calibre 781 para o Master Compressor Extreme Lab, alcançando notável precisão e confiabilidade. Entre outras inovações, a mola espiral possui um dispositivo de proteção especial que limita o movimento da mola durante situações extremas, como impactos.

#### **Desafio 2: Magnetismo**

O magnetismo pode interferir na precisão dos relógios mecânicos ao magnetizar certos componentes, fazendo com que funcionem mais lentamente ou mais rapidamente. Para lidar com isso, a Manufatura explorou diversos materiais e, no final do século XIX, introduziu a inovadora mola espiral de paládio no Calibre 18RV da LeCoultre para o relógio cronógrafo de bolso, que obteve certificação de cronômetro. Essa inovação lhe rendeu uma certificação de cronômetro. O Geophysic de 1958 foi projetado com uma caixa interna de ferro macio para proteção magnética, tornando-se um dos primeiros relógios de pulso a oferecer essa função, além de ser um cronômetro certificado.

#### **Desafio 3: Energia**

Os relógios mecânicos funcionam com uma mola enrolada que alimenta o movimento. Uma baixa reserva de marcha pode afetar a precisão da medição do tempo, pois a mola desenrolada reduz a amplitude de oscilação do balanceiro, levando a uma medição inconsistente do tempo. Relógios com reservas de marcha prolongadas podem retardar o início da "baixa produção de energia", garantindo uma "batida" mais regular e mantendo a precisão da medição do tempo por períodos estendidos. No século XIX, os relojoeiros da Manufatura enfrentaram o desafio das complicações adicionais ao



introduzir o repetidor de minutos Calibre 19/20RMSMI em 1881, com dois barriletes alimentando um único trem de engrenagens tanto para medição do tempo quanto para complicações. Essa inovação estabeleceu as bases para o conceito revolucionário do Duometre no século XXI. Buscando a otimização da eficiência energética, em 2004, o Master Eight Days Perpetual surgiu como um calendário perpétuo com uma reserva de marcha de 8 dias, incorporando excelência em desempenho e elegância em design.

#### **Desafio 4: Gravidade**

A influência da gravidade na precisão dos relógios mecânicos ocorre devido ao impacto no balanceiro e no escapamento, dependendo da posição do relógio, o que resulta em variações na medição do tempo. Para compensar essas variações, alguns relógios incluem turbilhões que giram continuamente esses componentes para corrigir os erros induzidos pela gravidade. A Jaeger-LeCoultre lançou o notável Calibre 170 em 1946 para competições cronométricas, conquistando vários prêmios. Sempre impulsionada pelo espírito inventivo de Antoine LeCoultre, em 2004, a Maison ultrapassou os limites da relojoaria ao introduzir turbilhões de múltiplos eixos.

A Manufatura LeCoultre já produzia relógios de bolso certificados como cronômetros no século XIX - 100 anos antes dos instrumentos modernos de precisão, como máquinas CNC e corte a laser, serem sequer imaginados. Enquanto alguns desses relógios tinham mecanismos simples - e, portanto, menos variáveis que podem afetar a precisão da medição do tempo - a Manufatura também criou relógios de pulso certificados como cronômetros com complicações e, em 1890, enfrentou o desafio final de produzir um relógio de bolso Grande Complication certificado como cronômetro.

Em 1992, a Jaeger-LeCoultre introduziu sua certificação de Controle de 1.000 Horas. Um dos protocolos de teste mais rigorosos da indústria relojoeira, ele testa não apenas o calibre isoladamente, mas também todo o relógio montado e exige uma precisão maior do que a certificação suíça de cronômetro padrão. O primeiro movimento a receber a certificação de Controle de 1.000 Horas foi o Calibre 899, o pilar da coleção Master Control.

Buscando constantemente maneiras de aprimorar a cronometria, as inovações recentes têm se concentrado em materiais para componentes-chave, como silicone e novos lubrificantes para reduzir o atrito e, conseqüentemente, aprimorar a transmissão de energia. Além disso, novas construções para engrenagens e balanceiro, juntamente com novas formas para rodas de escape e paletes, têm contribuído para melhorar a isocronismo e, por consequência, a precisão na medição do tempo.

#### **A precisão dos órgãos reguladores**

O órgão regulador é uma das partes mais importantes de um movimento. Composto pelo balanceiro e pela mola espiral (conhecida como espiral em francês), é o elemento que nos fascina observar em calibres mecânicos, a parte do movimento que parece viva e respirante - seu coração pulsante.



Controlado pela expansão e contração da mola espiral, a regularidade desse batimento cardíaco - conhecido como isocronismo - é vital para a precisão da medição do tempo.

A Jaeger-LeCoultre se destaca como uma das poucas Maisons relojoeiras que possui expertise especializada internamente para fabricar e modelar espirais em diferentes formas, e este componente-chave tem sido objeto de uma pesquisa intensiva pelos engenheiros da Manufatura ao longo de várias décadas. Nos seus primórdios, uma atenção considerável foi dedicada aos materiais e, em 1890, a Manufatura foi pioneira ao usar uma mola espiral em paládio. Mais recentemente, os esforços têm se concentrado principalmente na forma da mola espiral e nos turbilhões.

A forma e a fixação (curvas terminais) de uma mola espiral determinam a maneira como ela se expande e contrai. Embora seja comum utilizar molas espirais planas, os engenheiros da Jaeger-LeCoultre estudaram diferentes configurações para identificar as formas que oferecem a oscilação mais concêntrica - e, portanto, regular - de acordo com a construção específica do órgão regulador. Descobriram, por exemplo, que uma mola espiral plana (Breguet) oferecia os melhores resultados no Gyrotourbillon 5, mantendo um tamanho muito pequeno para o Gyrotourbillon. Já no Tourbillon Cylindrique, uma mola espiral cilíndrica com duas curvas terminais oscila com uma concentricidade impossível de alcançar com uma mola espiral tradicional. Os especialistas da Manufatura também desenvolveram molas espirais esféricas e semiesféricas para diferentes calibres - e sua pesquisa continua.

Reconhecendo que o efeito da gravidade também tem impacto no delicado equilíbrio de um mecanismo de relógio, eles estudaram o órgão regulador como um todo e encontraram uma solução no turbilhão. Um dispositivo que foi amplamente negligenciado desde sua invenção no final do século XVIII, o turbilhão contraria os efeitos da gravidade girando o balanceiro dentro de uma gaiola. Em 1946, o primeiro movimento de turbilhão da Jaeger-LeCoultre - o Calibre 170 - ganhou o concurso de cronometragem do Observatório de Neuchâtel e, em 1993, a Maison criou seu primeiro relógio de pulso com turbilhão.

Como o turbilhão foi inicialmente concebido para relógios de bolso e não compensa os efeitos da gravidade em todas as posições, os relojoeiros da Jaeger-LeCoultre adicionaram um segundo eixo que gira perpendicular ao primeiro, para alcançar uma rotação tridimensional. A Maison abriu novos horizontes com o lançamento de seu primeiro turbilhão de múltiplos eixos em 2004 - o emblemático Gyrotourbillon - seguido em 2012 pelo Spherotourbillon. Em 2014, foi a vez do Calibre 362 ultrafino, apresentando um turbilhão voador mantido em um sistema de rolamento de esferas periférico e equipado com a espiral em forma de S patenteada pela Jaeger-LeCoultre. O contínuo desenvolvimento do Gyrotourbillon original resultou no lançamento de uma quarta geração em 2016 e, em 2019, do Gyrotourbillon 5, abrigado no Calibre 184 Master Hybris Mechanica.

## **A precisão das complicações**



O requisito fundamental para uma medição precisa do tempo é que a energia fornecida do barrilete do movimento para o órgão regulador seja absolutamente constante, a fim de manter a isocronia - a regularidade perfeita do 'pulso' do mecanismo.

Exigir que um movimento de relógio acione uma complicação adicional traz o risco de comprometer sua precisão na medição do tempo - simplesmente porque a complicação em si requer energia para funcionar. Além disso, enquanto exibe o tempo com precisão, o relógio também deve assegurar que as indicações da complicação - como as fases da Lua, o mapa celestial, ou os segundos decorridos - sejam exibidas no mostrador com a maior precisão possível.

Algumas complicações consomem energia de forma lenta e relativamente constante ao longo do tempo - por exemplo, calendários de diferentes graus de complexidade. Outras complicações - incluindo cronógrafos e repetidores de minutos - requerem uma explosão de energia por um período muito curto. O cronógrafo representa um desafio adicional para a precisão, já que sua função é medir e exibir com precisão intervalos muito pequenos de tempo decorrido.

Desde os primeiros dias da Manufatura, nossos relojoeiros não apenas dominaram o cronógrafo, mas também o integraram a outras complicações, desenvolvendo maneiras de gerenciar com sucesso a transferência de energia entre a função de medição do tempo e a operação das complicações, minimizando seu impacto na isocronia.

Na busca por uma solução para as demandas conflitantes de medição do tempo e complicações, os engenheiros da Jaeger-LeCoultre desenvolveram o conceito Duometre. Patenteado pela Manufatura e introduzido em 2007, um mecanismo Duometre apresenta dois barriletes, cada um com um trem de engrenagens separado e independente, alojados dentro de um único calibre e ligados a um único órgão regulador. Um trem de engrenagens é responsável pela alimentação das indicações de tempo, e o outro para conduzir quaisquer funções adicionais. Por garantir que a operação da complicação não comprometa a função de medição do tempo, e assim assegurar a precisão operacional, esse conceito abriu as portas para uma complexidade relojoeira em constante expansão.

Na primeira aplicação do conceito Duometre em 2007, os relojoeiros da Jaeger-LeCoultre enfrentaram o desafio mais difícil: desenvolver um relógio cronógrafo tão preciso quanto um cronômetro. O resultado foi o Duometre à Chronographe, equipado com o Calibre 380 - um movimento de cronógrafo totalmente integrado com roda de colunas. Desde então, o mecanismo Duometre tem sido utilizado em outras complicações, incluindo fases da Lua, uma função GMT, um turbilhão clássico e, em 2012, um turbilhão esférico.

Em 2024, a Jaeger-LeCoultre apresenta dois novos movimentos Duometre: O Calibre 388, que impulsiona o Duometre Heliotourbillon Perpetual, apresenta uma configuração de turbilhão



completamente nova, que gira em três eixos e cria um efeito de "pião". E o Calibre 391 combina um cronógrafo com uma exibição de fases da Lua no Duometre Chronograph Moon.

Com quase oito décadas de experiência acumulada, os novos calibres Duometre representam mais um avanço na busca contínua da Maison pela maestria da precisão. E assim, a história iniciada pelo fundador continua...

---

### **Sobre a Jaeger-LeCoultre – O Relojoeiro dos Relojoeiros™**

Desde 1833, guiada por uma sede constante de inovação e criatividade, e inspirada pelo ambiente natural e tranquilo de sua casa no Vallée de Joux, a Jaeger-LeCoultre distingue-se pelo domínio das complicações e pela precisão de seus mecanismos. Conhecida como o Relojoeiro dos Relojoeiros™, a Manufatura expressou seu espírito inventivo incansável com a criação de mais de 1.400 calibres diferentes e o estabelecimento de mais de 430 patentes. Valendo-se de 190 anos de experiência acumulada, os relojoeiros da Grande Maison desenham, produzem, finalizam e ornamentam os mecanismos mais avançados e precisos, combinando paixão e savoir-faire secular, vinculando o passado ao futuro, de modo atemporal e sempre acompanhando o tempo. Com 180 talentos reunidos sob o mesmo teto, a Manufatura cria relógios finos que combinam engenhosidade técnica, beleza estética e uma sofisticação absolutamente discreta.

---

### **O criador da precisão**

Um valor fundamental desde a fundação da empresa em 1833, a busca pela precisão tem um significado particular na Jaeger-LeCoultre. Os alicerces da Maison são estabelecidos por duas invenções cruciais de Antoine LeCoultre: uma ferramenta que cortava dentes de pinhão com precisão sem precedentes (em 1830) e o Millionometre (em 1844), o primeiro instrumento do mundo capaz de medir um micron. Ambos os dispositivos tiveram uma influência profunda em toda a indústria relojoeira. Dentro da Manufatura, a pesquisa sobre precisão resultou em uma série de avanços, incluindo o desenvolvimento do primeiro turbilhão de múltiplos eixos, conhecido como Gyrotourbillon, e diferentes formas de molas de balanço. Para os calibres de complicação, a invenção do sistema Duometre garante que a isocronia (a regularidade do "batimento cardíaco" do mecanismo) não seja comprometida pela operação da complicação. A busca pela precisão é um valor central para a Jaeger-LeCoultre desde sua fundação e permanecerá assim por muitos anos no futuro.

---

**[jaeger-lecoultre.com](http://jaeger-lecoultre.com)**