

CRIANDO A BIKE DE CORRIDA MAIS RÁPIDA DO MUNDO

# Tarmac SL8

## Relatório

### Técnico



# Sumário Executivo

- 03 | Sumário
- 04 | Introdução
  - A. Condições de Teste
  - B. Condições de Velocidade
- 09 | Desenvolvimento
  - A. Aerodinâmica
  - B. Peso
  - C. Qualidade de Pilotagem e Rigidez
- 21 | Validação
- 22 | Apêndice



## SUMÁRIO EXECUTIVO

Por quase meio século, a inovação tem sido o cerne de cada produto que desenvolvemos. A Tarmac SL8 é um dos melhores exemplos do empenho de nossa equipe em trazer a próxima bicicleta inovadora para os ciclistas. Nos últimos 15 anos, as bicicletas de corrida de estrada se dividiram em "aerodinâmicas" ou "escaladoras".

Conforme nossa equipe desenvolvia uma Venge mais leve e uma Tarmac mais aerodinâmica, as linhas entre esses dois segmentos de bicicletas começaram a se misturar e a próxima grande inovação ficou evidente.

Utilizamos nossa rica base de conhecimento proveniente de décadas de desenvolvimento aerodinâmico e nossa expertise em leveza da Tarmac SL6 para criar a Tarmac SL7, uma bicicleta com mais vitórias em corridas do World Tour do que qualquer outra bicicleta no mesmo período..

Dizer que estamos orgulhosos da próxima geração da Tarmac seria um enorme eufemismo. Ela supera a Venge de 2020 como a bicicleta de estrada mais aerodinâmica que já fizemos, o quadro é mais de 200 gramas mais leve do que o da SL7, e melhora as mesmas características de pilotagem da comprovada Tarmac. Quando dizemos "uma bicicleta para dominar todas as outras", nós realmente queremos dizer isso. A Tarmac SL8 é a bicicleta mais rápida do mundo.

# Introdução

O desenvolvimento de todas as nossas bicicletas é conectado por algo simples: nós somos obcecados por encontrar benefícios de performance para o ciclista mais exigente. Para a Tarmac SL8, isso significa ajudar nossos atletas de estrada do World Tour a chegar à linha de chegada em primeiro lugar, diminuir o tempo em segmentos locais do Strava ou vencer sprints nas estradas da cidade em um pedal de sábado.

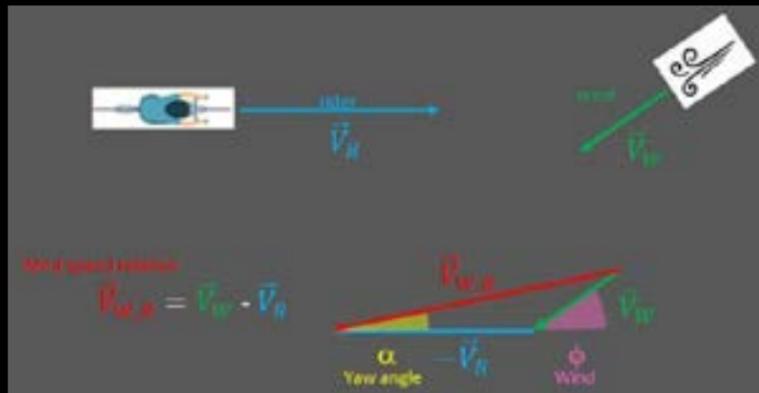
Antes de começarmos o desenvolvimento da SL8, foi fundamental estabelecer métricas para proporcionar um ambiente consistente para testes de protótipos aerodinâmicos. Essas métricas estão fundamentadas em décadas de experiência trabalhando com os melhores ciclistas de estrada do mundo, e todo ciclista de estrada pode se beneficiar desse aprimoramento no desempenho aerodinâmico. O vento que uma bicicleta e um ciclista experimentam depende de uma variedade de fatores. A velocidade do vento, a direção do vento (yaw) e a velocidade do ciclista têm um grande impacto no vento que um ciclista sente durante um pedal e, por sua vez, como uma bicicleta aerodinâmica atua para minimizar o arrasto. A curva yaw usada durante todo o desenvolvimento da SL8, bem como a comparação com uma variedade de outras bicicletas de estrada, replicaram velocidades de ciclistas de 45 km/h com uma variedade de velocidades do vento vindas de todas as direções, com os ângulos de yaw mais comuns do mundo real sendo os mais importantes em nossa avaliação. Quando afirmamos que a Tarmac SL8 é "16,6 segundos mais rápida que a SL7 em 40 km", esses são os ingredientes exatos.

A NOVA TARMAC SL8

# Condições de Testes

# Condições de Testes

Um ciclista com velocidade  $V_r$  experimenta uma velocidade relativa do vento que é uma composição de sua velocidade e da velocidade do vento. Embora a velocidade do vento tenha uma direção média ( $\phi$ ) e uma magnitude absoluta  $V_w$ , a velocidade relativa do vento em relação ao ciclista ( $V_{w,r}$ ) é diferente, dependendo de quão rápido o ciclista se desloca. O ângulo do vento em relação ao ciclista (o que chamamos de "ângulo de yaw"  $\alpha$ ) é uma função da velocidade do ciclista, da velocidade do vento e da direção do vento:



*Função de densidade de probabilidade dos ângulos de giro experimentados pelo ciclista em condições de pedalada típicas.*



A equipe de desenvolvimento tratou a equação acima como uma "função de transferência" entre as entradas: velocidade do ciclista  $V_r$ , velocidade do vento  $V_w$ , direção do vento  $\phi$  e a saída (ângulo de yaw  $\alpha$ ). Essa função de transferência é válida durante cada momento do pedal, então a equipe aplicou uma "população" de entradas para gerar uma "população" de ângulos de yaw. Esses princípios seguem a função de densidade de Weibull - um padrão bem estabelecido na indústria automobilística e de turbinas eólicas.

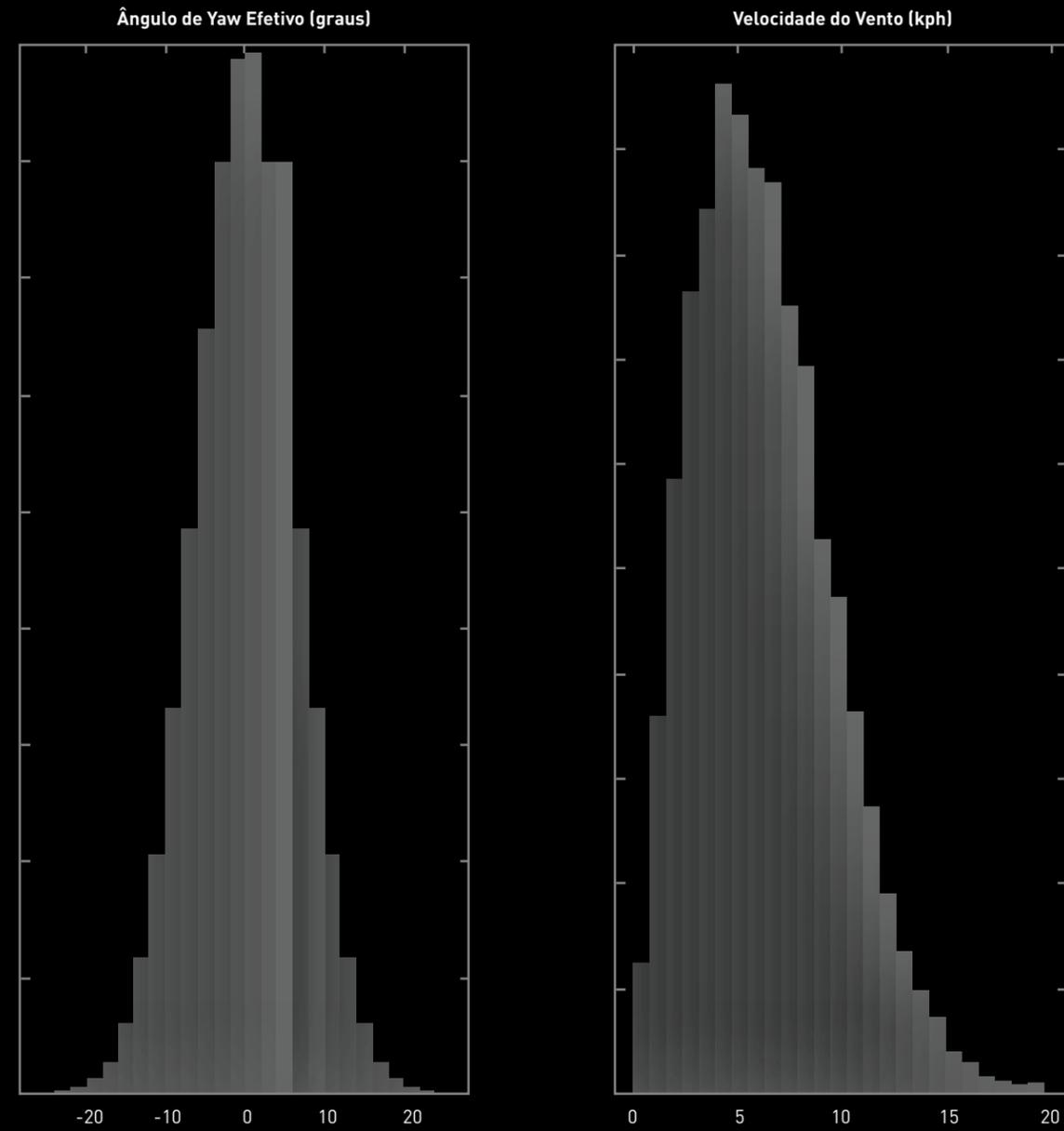
Os valores de "entrada" da velocidade e direção do vento são todos baseados em condições reais de pilotagem coletadas ao longo de décadas de pesquisa e desenvolvimento aerodinâmico, portanto, os ângulos de yaw de "saída" para os quais a SL8 é projetada são representativos dos ângulos de yaw do mundo real que os ciclistas experimentariam.

Esses conceitos foram os elementos essenciais do desenvolvimento da SL8 - informando diretamente as principais decisões de design ao longo do projeto. A modelagem aerodinâmica dos tubos na parte frontal da SL8, ou os tubos do quadro otimizados para peso e rigidez (tubo inferior), foram resultados das fórmulas listadas acima.

Para comparar a SL8 com outras bicicletas, criamos uma população de 10.000 pedais individuais e processamos os ângulos de yaw. Esses valores foram então usados para definir o intervalo de ângulo de yaw no Win Tunnel e para calcular os valores de  $C_dA$  para vários designs de bicicletas.

# Condições de Testes

Ângulos de Yaw Efetivos Ponderados e Velocidade do Vento Usados para a Referência da Tarmac SL8:



## INTRODUÇÃO

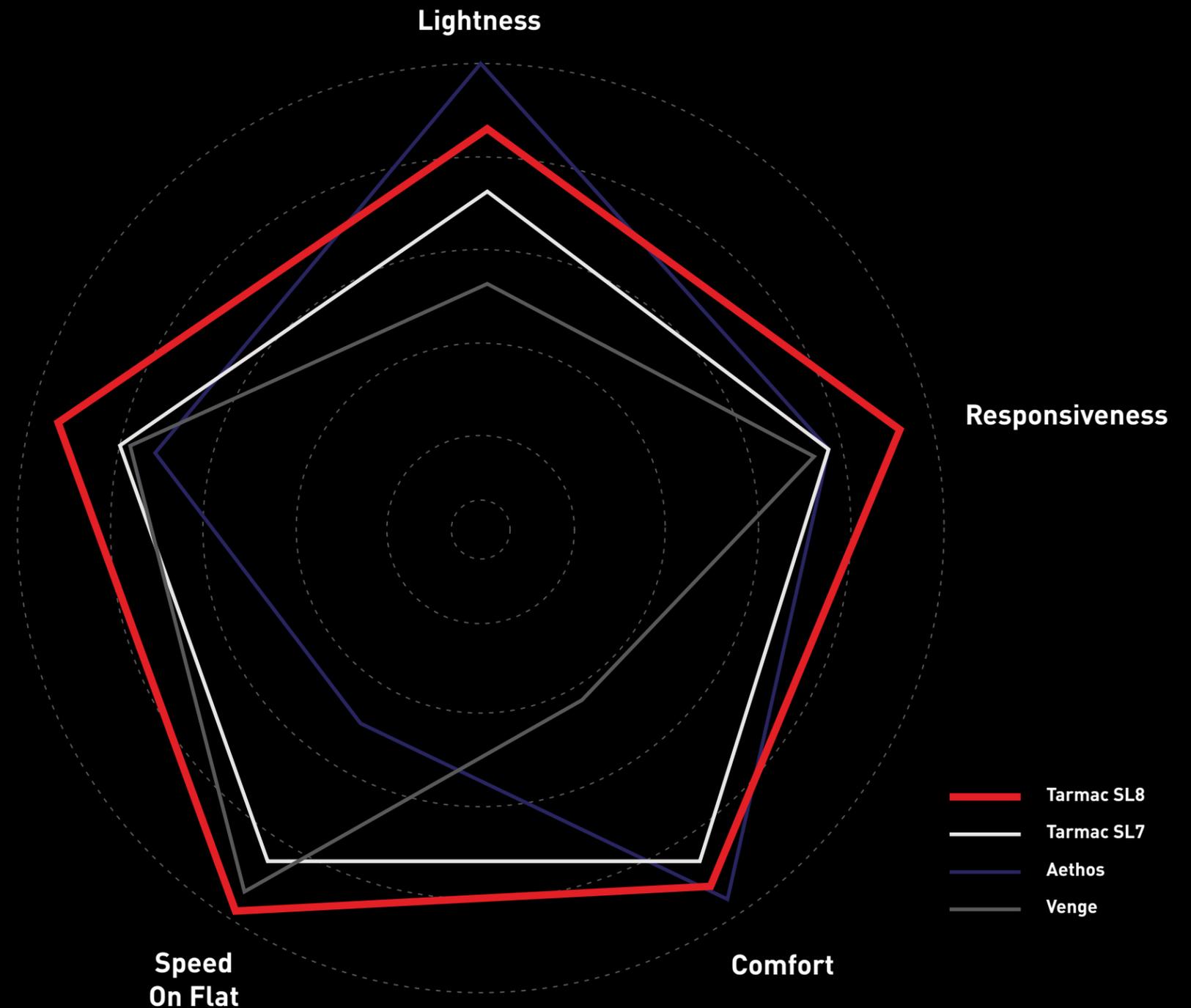
# Condições de Velocidade

Uma vez que a Tarmac SL8 é mais aerodinâmica do que a Venge, seria fácil dizer "aerodinâmica é tudo" e encerrar por aí. Mas também sabemos que o peso é um fator crucial, e que existem muitos percursos com subidas, descidas extremamente rápidas e chegadas planas em sprints. Sabíamos que a Tarmac SL8 precisava estar no limite da UCI (6,8kg / 15lbs), pronta para pedalar, em um conjunto totalmente aerodinâmico. Nossos ciclistas precisavam estar na bicicleta perfeita em qualquer cenário - nunca questionando sua escolha para o percurso do dia.

Um quadro aerodinâmico e leve é ótimo, mas se ele for flexível sob altas cargas de pedalada, ou não responder precisamente à entrada de direção na curva final a 200 metros da chegada, ele terá perdido o objetivo. A Tarmac SL8 utilizou a expertise de fibra de carbono de nossa equipe, guiada pelos princípios de Rider First Engineering, para ajustar a rigidez por tamanho de quadro. O resultado foi valores de conformidade, Zedler, rigidez no movimento central, caixa de direção e extremidade traseira que superam todos os valores da Tarmac SL.

Para simplificar, a aerodinâmica não é o único ingrediente para a velocidade. Claro, é um fator-chave, mas o estado moderno da velocidade exige uma equação mais complexa. Pode não ser necessário ter um diploma em engenharia mecânica para saber que aerodinâmica, peso e rigidez são prioridades conflitantes, mas é preciso uma equipe de engenheiros brilhantes para equilibrar esses atributos e dar vida à bicicleta de estrada mais rápida que já fizemos.

**Leveza: Peso do Quadro**  
**Velocidade: CdA x Weight**  
Etapa de Montanha: +/- 5000m ganho de elevação  
Etapa Rápida: +/- 500m ganho de elevação  
**Conforto: Complacência no selim**  
**Responsividade: Relação Rigidez-Peso**



A NOVA TARMAC SL8

# Desenvolvimento

# Desenvolvimento

O desenvolvimento da Tarmac SL8 foi guiado pela nossa nova "equação" para a velocidade:

**SL8 = [aero: igual ou superior à Venge] x [peso: 6,8kg pronto para pedalar] x [qualidade de pilotagem: rigidez >= SL7]**

Inicialmente, a equipe abordou essa equação de equilíbrio aparentemente impossível estudando três de nossas plataformas de estrada mais inovadoras: a Venge, Aethos e SL7. Poderíamos criar uma Venge leve? Poderíamos criar uma Aethos aerodinâmica? Uma evolução da plataforma SL7 nos permitiria alcançar nossos objetivos? O resultado desta pesquisa inicial logo ficou claro: com margens tão estreitas para o sucesso e metas conflitantes, a equipe precisaria de uma abordagem completamente nova com um design totalmente novo. Dando um passo atrás, nossa equipe considerou o módulo da bicicleta como um todo - uma abordagem de otimização de sistema - para ajudar a guiar os próximos passos no desenvolvimento.

## METAS DE DESENVOLVIMENTO USANDO A ABORDAGEM DE OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA: DEFINIÇÕES DE PERFORMANCE INDIVIDUAL DE COMPONENTES

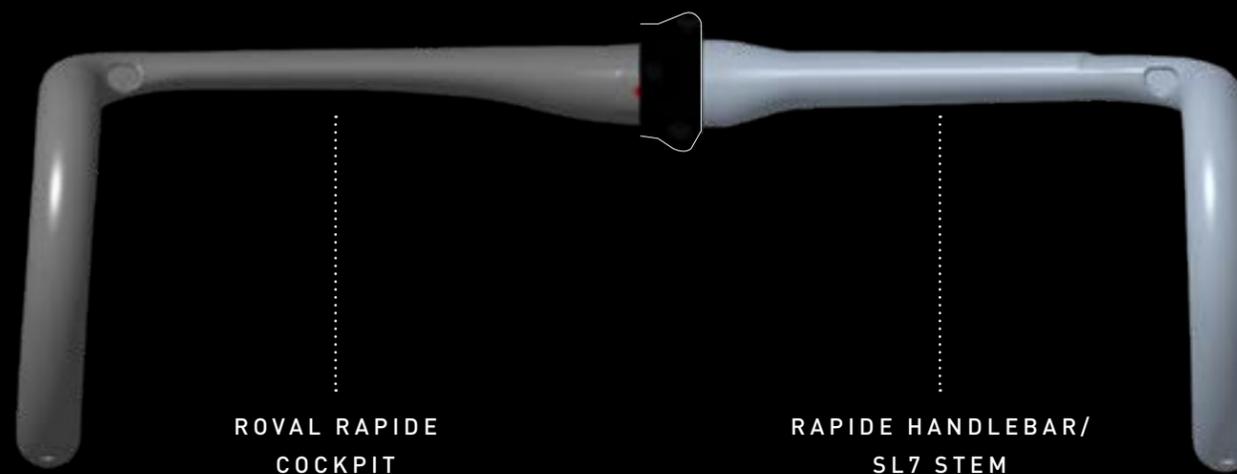
Cockpit	Rigidez =	Arrasto ↓	Peso ↓
Quadro	Rigidez ↑	Arrasto ↓	Peso ↓
Garfo	Rigidez =	Arrasto ↓	Peso =
Canote	Rigidez =	Arrasto ↓	Peso ↓



# Aerodinâmica

O maior aprendizado da primeira fase de P&D de otimização do sistema foi que uma caixa de direção em forma de cone era necessária para atingir nossas metas aerodinâmicas. Através do tempo gasto em CFD (Dinâmica de Fluidos Computacional) e em nosso Win Tunnel, a equipe determinou que a parte frontal da bicicleta, onde o fluxo de ar é mais laminar, é a mais importante ao buscar um baixo CdA (Área de Arrasto Coeficiente). Utilizando CFD e validando com impressões 3D no túnel, investigamos seis designs diferentes de caixas de direção e métodos de fabricação. Nossos engenheiros optaram por um formato em cone que acrescentaria 25 gramas à caixa de direção em relação à SL7, mas nos permitiria atingir nossas metas aerodinâmicas. Uma vez que o design da caixa de direção foi determinado, a equipe pôde então começar a projetar a coroa do garfo e as lâminas do garfo que complementavam a aerodinâmica do cone e da caixa de direção.

Equipada com o conhecimento de que o vento laminar na parte frontal da bicicleta afeta o arrasto da forma mais significativa, a equipe se propôs a otimizar o cockpit – o outro componente-chave de um módulo de quadro. Ao remover o aglomerado de peças do avanço e mudar para um guidão/ mesa de uma peça só, sabíamos que poderíamos obter melhorias aerodinâmicas substanciais. O desenvolvimento do Cockpit Roval Rapide foi um ingrediente fundamental para a destreza aerodinâmica da SL8, ao mesmo tempo em que economizava para a equipe 50 gramas cruciais em comparação com a configuração de avanço/mesa de duas peças da SL7. Os 15 tamanhos do Cockpit Rapide foram determinados usando nossa base de dados Retul.



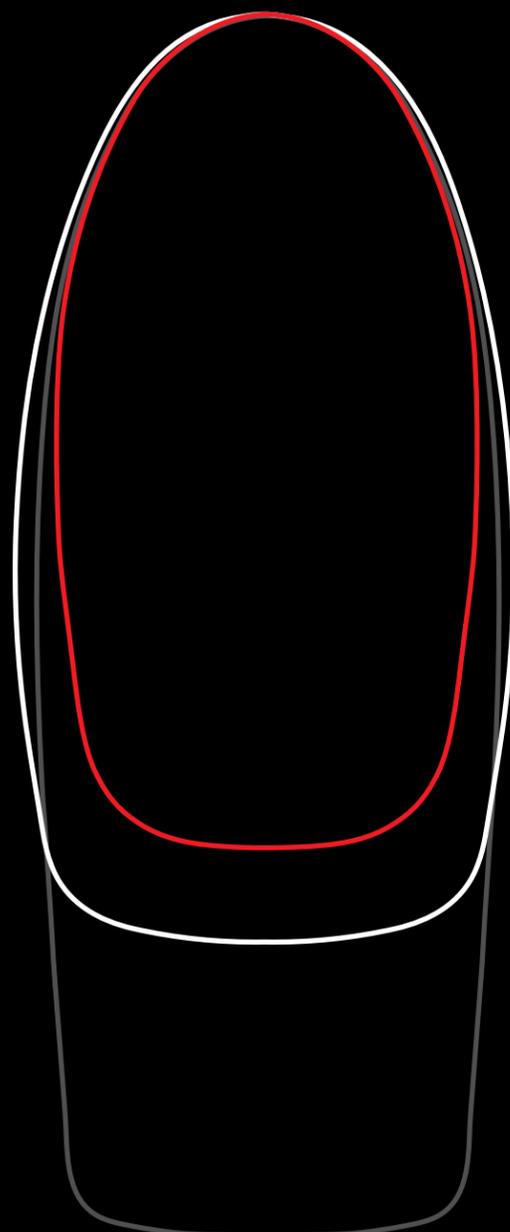
TAMANHOS DO COCKPIT RAPIDE

Largura do Guidão	380mm	400mm	420mm	440mm
Comprimento da Mesa	75mm	90mm	90mm	110mm
	90mm	100mm	100mm	125mm
	115mm	110mm	110mm	120mm
		120mm	135mm	135mm

# Aerodinâmica

## CRUZAMENTO NOS PERFIS DE CANOTE

- SL8
- SL7
- VENGE



Além da frente da bicicleta, aprendemos que seatstays rebaixados e um canote/tubo do selim estreito também influenciam a performance aerodinâmica positivamente. Embora uma seção transversal profunda para um canote, tubo de selim e seatstays possa parecer adequada em termos de desempenho aerodinâmico, há ganhos aerodinâmicos muito pequenos no mundo real. Utilizando CFD e testes com manequins para replicar condições do mundo real, a equipe determinou que o fluxo de ar ao redor desta área da bicicleta é muito mais turbulento devido ao movimento das pernas, e o benefício de uma seção profunda no canote é insignificante. O tubo do selim da SL8 tem a mesma largura do canote da Venge 2020, aumentando a performance aerodinâmica da SL8 e também reduzindo o peso. Para executar o canote e o tubo do selim mais estreitos, a equipe desenvolveu uma localização inovadora para o armazenamento da bateria do Di2 - ela é mantida com segurança abaixo do canote, em vez de dentro do canote, como ocorre com a SL6, SL7 e Venge. O design do canote e do tubo do selim da Tarmac SL8 é uma combinação de aerodinâmica, peso e qualidade de pilotagem. Ele é 6% mais flexível em comparação com um canote da SL7 (movimento dianteiro/traseiro do selim), mas possui rigidez lateral idêntica.

A otimização aerodinâmica para a caixa de direção, garfo, cockpit, tubo do selim e canote não foi realizada individualmente. Em vez disso, a equipe utilizou um modelo paramétrico de CFD que considerava toda a bicicleta e o ciclista como um sistema - não apenas os tubos do quadro isoladamente - para finalizar os principais aspectos aerodinâmicos da construção da SL8.

# Peso

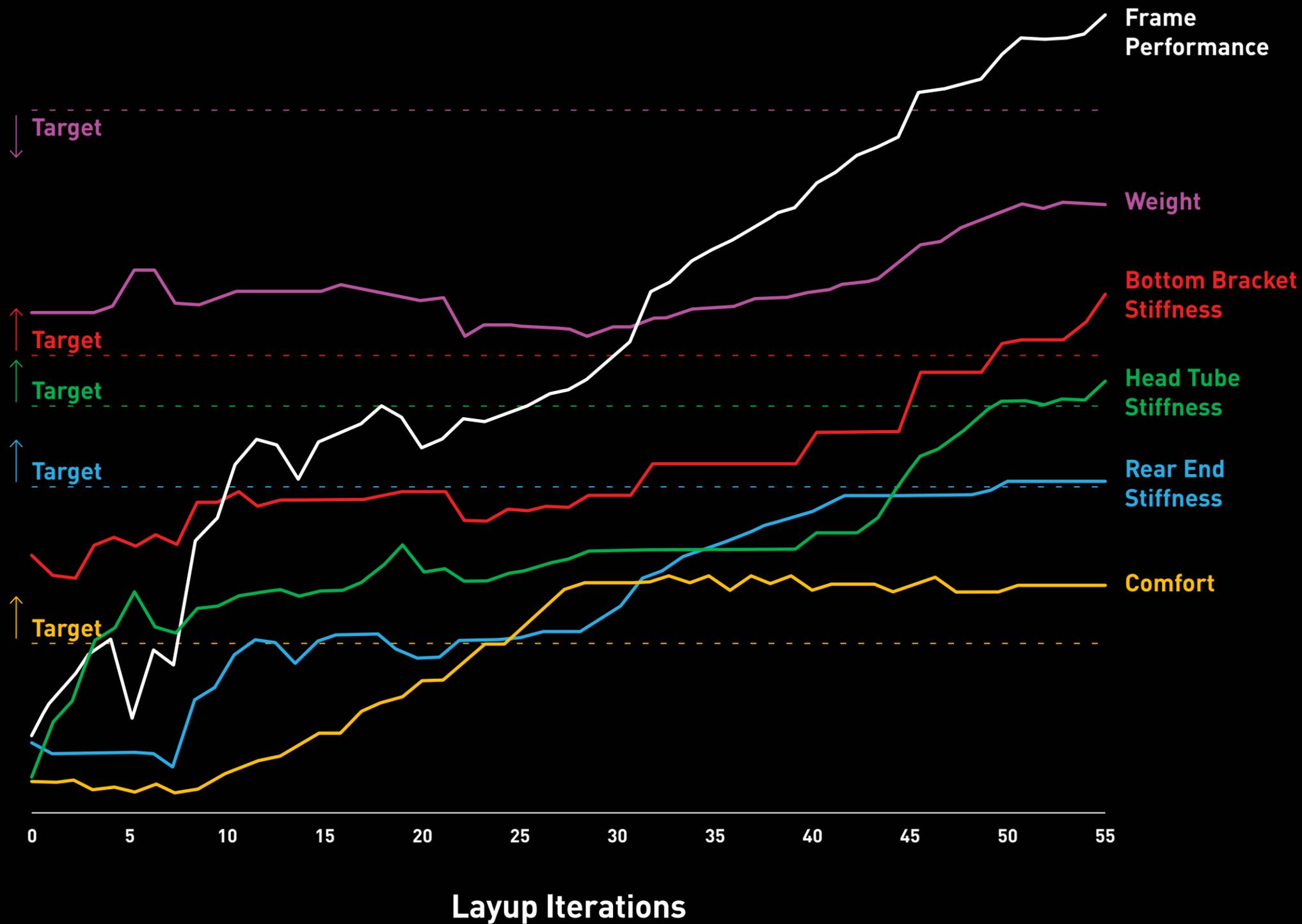
Para o restante do design da bicicleta, em vez de uma abordagem totalmente aerodinâmica, a equipe concentrou-se na aerodinâmica onde realmente importa e optou por economizar peso onde a aerodinâmica importa menos ou não importa completamente. Usando essa estratégia como um modelo, o tubo inferior, a rabeira e o tubo superior foram otimizados para a melhor relação peso e rigidez do quadro possível.



● OTIMIZADOS PARA  
AERODINÂMICA/  
PESO/RIGIDEZ

● OTIMIZADOS  
PARA RIGIDEZ/  
PESO

# Peso

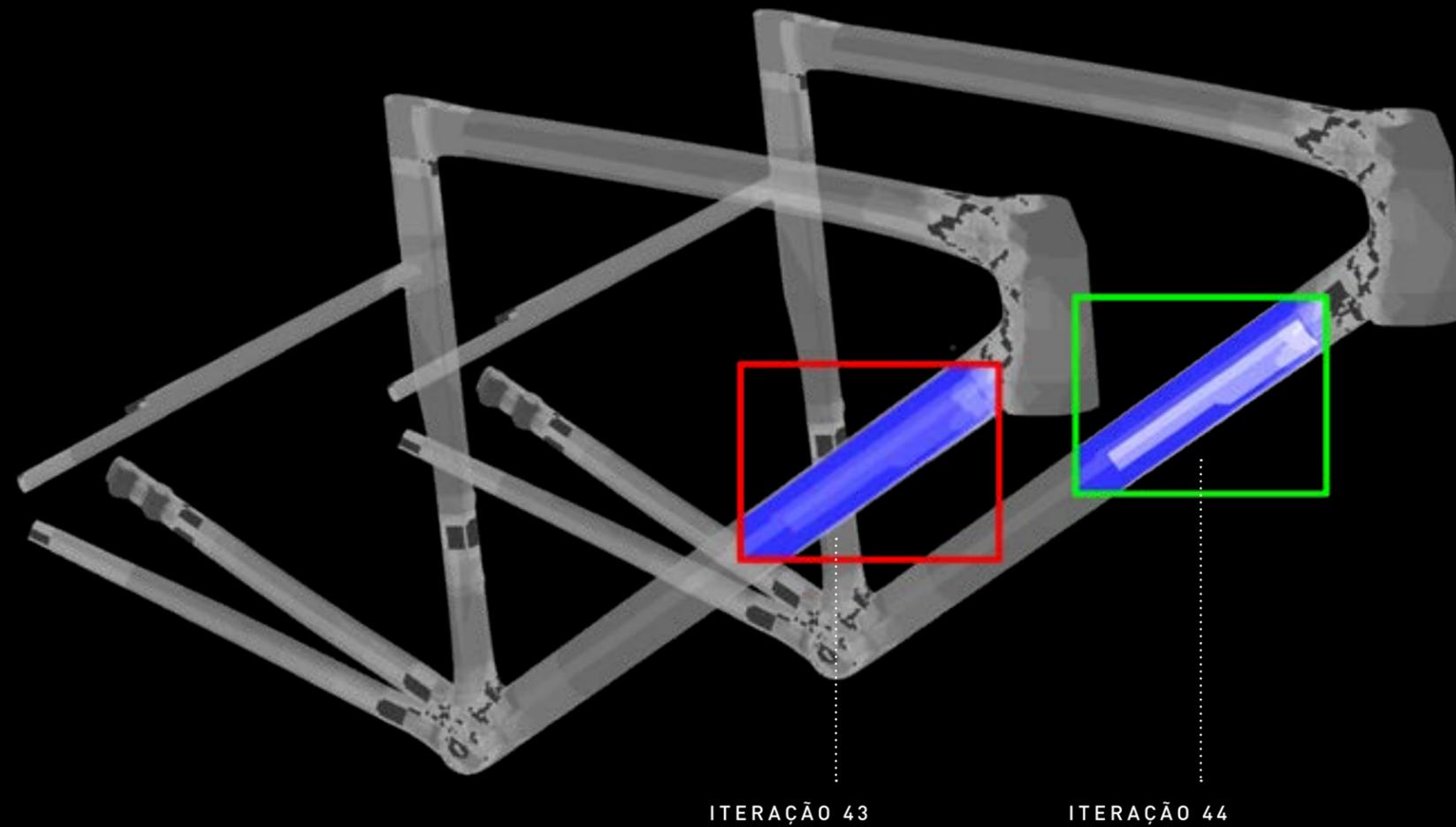


Quando se tratou de atingir a meta agressiva de peso do quadro, nossa equipe de engenharia se baseou fortemente em sua experiência no desenvolvimento da Aethos – o quadro de estrada de produção mais leve do mundo. Uma análise semelhante de FEA e ply-by-ply foi realizada em cada tubo para garantir que não houvesse um único grama de material desperdiçado, que não contribuísse para a rigidez, aerodinâmica e resistência do quadro. Embora certamente tenhamos utilizado aprendizados da Aethos para alcançar o peso do quadro da SL8, o processo de desenvolvimento foi muito mais do que simplesmente copiar e colar. Sabíamos quais seções transversais e formas de tubo teriam a melhor eficiência estrutural, mas com um seat stays rebaixado e metas de rigidez mais altas, a estratégia de laminação da Aethos teve que evoluir. A parte dianteira do quadro passou por 53 revisões diferentes de laminação antes que a equipe chegasse a uma solução que fosse rígida o suficiente para atender às rigorosas metas estabelecidas anteriormente no projeto - metas de rigidez que foram definidas em colaboração direta com nossos atletas do World Tour.

*Nas primeiras 34 iterações da laminação, o peso se manteve constante. Nas 20 iterações finais, as camadas de rigidez foram alteradas em áreas-chave para atingir as metas de rigidez. A performance do quadro é uma média ponderada de rigidez, conforto e peso do quadro.*

# Peso

Princípios de design e materiais semelhantes foram usados para a Aethos e a SL8, mas o padrão exato de laminação - no qual as camadas de fibra de carbono são colocadas em cada tubo do quadro - foi radicalmente diferente para a SL8. Este cronograma exato de laminação é a magia por trás do quadro de 685 gramas da SL8. A receita é o resultado de décadas de expertise em fibra de carbono e simulações. Cada tubo na SL8 utiliza aprendizados de nossa análise camada por camada e os detalhes desse processo são um dos segredos mais bem guardados da Specialized.



# Comparação de Tamanhos

SL8 - COMPARAÇÃO DE PESOS POR TAMANHO: 12R E 10R

Tamanho do Quadro	Quadro 12r	Quadro 10r	Garfo 12r (240mm steerer)	Garfo 10r (240mm steerer)
44	640	720	358	371
49	645	740		
52	660	760		
54	670	765		
56	685	780		
58	705	825		
61	725	845		

COMPARAÇÃO DE PESO

## Venge vs. SL7 vs. SL8

Construir uma bicicleta pronta para corridas com 6,8 kg foi um objetivo-chave perseguido ao longo do desenvolvimento da SL8. A distribuição de peso abaixo mostra os pesos totais das bicicletas Tarmac SL8, SL7 e Venge. A equipe se concentrou intensamente em informações como essas durante o desenvolvimento da SL8 para garantir que estávamos seguindo o rumo e dentro de nosso planejamento de peso.

COMPARAÇÃO DE PESOS: VENGE V.S SL7 V.S SL8 (GRAMAS)

COMPARAÇÃO	VENGE	SL7	SL8	NOTAS
Frame	960	800	685	S- Works, 56 cm
Fork	385	365	358	S-works, 44mm offset, 240mm steerer
Front Der. Hanger backing plate	-	-	4	-
Front Der. Hanger	-	9	7	-
Front Der. Hanger bolt	-	2	2	1g per bolt x2
Front Axle	30	30	23	-
Rear Axle	37	37	29	-
Rear Derailleur Hanger	13	13	9	-
Rear derailleur hanger bolt	3	3	3	-
Bottle cage bolts	5	4	5	-
Seat post wedge	35	27	23	-
Expander Plug	27	43	43	-
Headset Bearings	42	42	42	21g per bearing x2
Headset Compression ring	8	15	6	-
Headtube Transition Spacer	15	8	8	-
10mm headset spacer	7	6	6	qty 1
5mm headset spacer	3	3	3	qty 1

COMPARAÇÃO DE PESOS: VENGE V.S SL7 V.S SL8 (GRAMAS)

COMPARAÇÃO	VENGE	SL7	SL8	NOTAS
Stem transition spacer	6	4	4	-
Headset top cap bolt	6	6	6	-
Headset top cap	4	4	5	-
Stem Cover (flush)	9	6	-	-
Seatpost w/ hardware	206	191	161	-
Stem 100mm	207	155	-	with stem bolts
Handlebar 42cm	235	225	-	-
Rapide Cockpit 100mm/420cm	-	-	323	with stem bolts
CPU mount	31	31	31	with Garmin pucks installed, bolts included
Handlebar Cable Routing Clips/bolts	6	6	-	-
Chassis with all small parts	2280	2035	1786	-

Groupset, Wheels/Tires tubeless with 30mm Sealant	2036	-	-	Rapide CLX II, Rapidair 26c, 30ml sealant each tire
Dura Ace R9200 Groupset	2473	-	-	11-30 cassette, 52/36 172.5mm crankset with 4iiii dual power meter, 140/160 rotors
S-Works Power Saddle 143mm	159	-	-	-
Bar Tape and bar end plug	68	-	-	Supacaz Sticky Kush Tape
Pedals	236	-	-	Dura Ace R9100 Pedals SPD SL
Waterbottle cages	48	-	-	S-works Carbon Rib Cage III (Qty 2)
Finishing Kit	5020	-	-	-
Full bike weight, ready to ride	7300	7055	6806	-



TARMAC SL8 - DESENVOLVIMENTO

## Qualidade de Pilotagem e Rigidez

Receber os primeiros protótipos de quadros confeccionados e prontos para serem montados foi o próximo marco importante no desenvolvimento da Tarmac SL8. A equipe conseguiu validar as metas de rigidez com testes no laboratório, bem como testar as bicicletas ao ar livre para validar a qualidade de pilotagem e os parâmetros de rigidez. Como o desenvolvimento foi iniciado com simulações camada por camada, a equipe tinha uma boa ideia de como os quadros se sairiam na estrada. Ainda assim, o design foi ajustado e os processos de fabricação foram atualizados com base nos aprendizados dos primeiros protótipos confeccionados. A rigidez foi aprimorada após receber o feedback de nossos atletas do World Tour.

Assim como todas as Tarmac desde a SL5, a SL8 é projetada com a Rider First Engineered - a rigidez para cada tamanho de quadro da SL8 varia de acordo com o tamanho do quadro para garantir que ciclistas de todos os tamanhos tenham a mesma qualidade de pilotagem responsiva, conformidade e rigidez ao aplicar força. Como em todos os produtos Specialized, a Tarmac SL8 adere aos nossos princípios Além do Gênero - os pontos de contato na bicicleta são personalizáveis e as especificações dos componentes são escolhidas com base em nosso banco de dados Retul. Nós só produzimos produtos específicos por gênero quando há dados para comprovar a diferença e um verdadeiro benefício de performance.

# Validação

O sucesso do desenvolvimento da Tarmac SL8 é uma das maiores conquistas de nossa equipe de P&D de bicicletas até o momento. Um quadro de 685 gramas, aerodinâmica que supera a Venge e números de qualidade de pilotagem e rigidez que ultrapassam a SL7 são métricas que, há cinco anos, muitos teriam pensado serem impossíveis. Cada característica de design foi implementada com a pilotagem no mundo real em mente. Cada decisão técnica tomada no desenvolvimento da SL8 foi informada por testes e análises rigorosas.

Usando as mesmas simulações que nossas equipes World Tour usam para escolher equipamentos no dia da corrida, comparamos a SL8 com modelos anteriores de bicicletas de estrada da Specialized. Essas simulações replicam direções e velocidades de vento do mundo real, potência de nível World Tour (6W/kg), rodas Rapide CLX II em todas as bicicletas Specialized para isolar o módulo do quadro, duas garrafas de água de 650 ml montadas na posição mais baixa possível, pneus de 25 mm a 90 psi e um cockpit com guidão de 42 cm / mesa de 100 mm. Números de empilhamento iguais em todas as bicicletas foram utilizados para obter valores de CdA comparáveis em nosso Win Tunnel.

Usando as mesmas suposições para condições do mundo real, nossa equipe Ride Science simulou dois percursos icônicos do mundo real: Milão San Remo e o Col du Tourmalet. Comparada à SL7, a SL8 é 128 segundos mais rápida ao longo do percurso de Milão San Remo, sendo que 4 desses segundos são ganhos nos quilômetros finais a partir do início do Poggio. No Col du Tourmalet, a SL8 é 20 segundos mais rápida que a SL7. 16 segundos ganhos na subida e mais 4 segundos ganhos na descida.

Nossas simulações capturam dados valiosos para nossos atletas do World Tour e para todos os ciclistas de estrada. Por mais úteis que essas simulações possam ser, elas não contam a história completa. Qualquer pessoa que tenha competido em uma corrida de estrada ou participado de um grupo de ciclismo competitivo conhece a sensação sublime de um conjunto de responsividade, leveza e conforto na estrada - especialmente ao acelerar. Pode ser difícil capturar essa sensação qualitativa e atribuir uma melhoria numérica. Os melhores ciclistas de todo o mundo sabem que essa sensação é inestimável. Inúmeras acelerações ao longo de uma corrida podem desgastá-lo, e uma bicicleta responsiva e suave pode fazer toda a diferença. Esperamos que você tenha a oportunidade de experimentar pessoalmente a experiência de pilotar a Tarmac SL8.

SL8 Time Ahead after 1h ride - wind speed 5.1 kph



# Apêndice

CFD: Sigla para Dinâmica de Fluidos Computacional.

Win Tunnel: Um túnel de vento localizado na sede da Specialized em Morgan Hill, Califórnia.

CdA: Coeficiente de Arrasto Aerodinâmico.

FEA: Análise de Elementos Finitos.